



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

DA

BEST AVAILABLE COPY

<p>(51) 国際特許分類 H01Q 13/10, 21/06</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO97/33342</p> <p>(43) 国際公開日 1997年9月12日(12.09.97)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP96/00572</p> <p>(22) 国際出願日 1996年3月8日(08.03.96)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 新日本製鐵株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION)[JP/J] 〒100 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(71) 出願人 ; および</p> <p>(72) 発明者 後藤尚久(GOTO, Naohisa)[JP/J] 〒216 神奈川県川崎市宮前区土橋6-15-1-A514 Kanagawa, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および</p> <p>(75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 安藤 真(ANDO, Makoto)[JP/J] 〒211 神奈川県川崎市幸区小倉1-1-314 Kanagawa, (JP)</p> <p>守谷元伸(MORIYA, Motonobu)[JP/J] 落合 誠(OCHIAI, Makoto)[JP/J] 〒100 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内 Tokyo, (JP)</p>		<p>(74) 代理人 弁理士 浅村 皓, 外(ASAMURA, Kiyoshi et al.) 〒100 東京都千代田区大手町2丁目2番1号 新大手町ビル331 Tokyo, (JP)</p> <p>(81) 指定国 CA, US.</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54)Title: PLANAR ARRAY ANTENNA</p> <p>(54)発明の名称 平面アレーアンテナ</p> <div data-bbox="451 1199 1156 1734" data-label="Image"> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>A plurality of slots for transmitting or receiving circularly polarized electromagnetic waves are provided at prescribed places in a plurality of waveguides so arranged that their axes are parallel with each other or in a planar line. Two waveguides for feeding or two distribution circuits are connected to both ends of the waveguides. Electromagnetic waves are fed to the two waveguides or two distribution circuits, and counterclockwise- and clockwise-rotating polarized electromagnetic waves are transmitted from each slot. A device using such an antenna is also disclosed.</p>		

(57) 要約

管軸が相互に平行となるように並んで配置された複数の放射用導波管又は平面線路に、各々が円偏波を放射または受信するための複数のスロットを所定の位置に配置し、放射用導波管の両端に2つの給電用導波管又は2つの分配回路を接続し、2つの給電用導波管又は2つの分配回路の両方に電波を給電することにより各スロットから左旋円偏波と右旋円偏波の両方が放射される平面アレーアンテナ、及び、そのアンテナを用いた装置。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	EF	フィンランド	LS	レソト	SD	スーダン
AT	オーストリア	FR	フランス	LT	リトアニア	SE	スウェーデン
AU	オーストラリア	GB	イギリス	LU	ルクセンブルグ	SG	シンガポール
BA	バルバドス	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SI	スロベニア
BB	ベネズエラ	GH	ガーナ	MC	モナコ	SK	スロバキア共和国
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	MK	マケドニア共和国	TD	チャド
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	ML	マリ	TG	トーゴ
CA	カナダ	IT	イタリア	MN	モンゴル	TJ	タジキスタン
CC	中央アフリカ共和国	II	アイスランド	MR	モロッコ	TM	トルクメニスタン
CF	中央アフリカ共和国	JP	日本	MW	モザンビーク	TR	トルコ
CG	コンゴ	KE	ケニア	MX	メキシコ	TT	トリニダード・トバゴ
CH	スイス	KR	韓国	NE	ニジェール	UA	ウクライナ
CI	コート・ジボワール	KZ	カザフスタン	NL	オランダ	UG	ウガンダ
CM	カメルーン	LA	ラオス	NZ	ニュージーランド	US	米国
CN	中国			PT	ポルトガル	UZ	ウズベキスタン共和国
CO	コロンビア			RO	ルーマニア	VN	ベトナム
DE	ドイツ					YU	ユーゴスラビア
DK	デンマーク						

明 細 書

平面アレーアンテナ

5 技術分野

本発明は、平面アレーアンテナ及びそのアンテナを含む装置に関し、より具体的には、左旋円偏波と右旋円偏波の両方を用いた衛星放送の受信に適した平面アレーアンテナ及びそのアンテナを用いた装置に関する。

10 背景技術

従来の平面アレーアンテナの例としては、管軸方向に多数の円偏波放射スロットを有する複数の直線導波管を管軸に平行に並べた導波管平面アレーアンテナが知られている。これらの直線導波管には電力分配回路を介して送信電波が供給されるが、以下ではこのことを給電という。文献「漏れ波導波管

15 クロススロットアレーアンテナの設計」、電子情報通信学会技術報告 A P 9 2 - 3 7 (以下、文献 1 として参照する) は、円偏波放射スロットとしてクロススロットを、電力分配回路として 1 本の給電用導波管を用いたアレーアンテナを開示している。図 1 4 は、その上面図である。図 1 4 において、給電用導波管 1 は、給電開口 2 と分岐開口 3 を有する。給電用導波管 1 と直角

20 の向きで、互いに平行に並べられた複数の放射用導波管 1 1 が、分岐開口 3 を介して給電用導波管 1 に接続されている。放射用導波管 1 1 には、複数の円偏波クロススロット 1 2 が開けられている。給電開口 2 より給電された電力は、給電用導波管 1 を経由し、分岐開口 3 を通じて放射用導波管 1 1 に同位相で分配され、円偏波クロススロット 1 2 を通じて円偏波として放射され

25 る。円偏波の回転方向に関しては、クロススロット 1 2 が放射用導波管 1 1 の電波の伝送方向に向かって右側にある場合は左旋円偏波、左側にある場合は右旋円偏波が放射されるので、図 1 4 の例では左旋円偏波が放射される。尚、上記の説明においては、アンテナの送信動作について述べたが、相反定理により、同一のアンテナが受信用としても用いられることは明らかである。

図 1 4 に示すアンテナは左旋円偏波と右旋円偏波のどちらか一方のみを受信できるが、米国等においては、左旋円偏波と右旋円偏波の両方を用いて衛星放送のサービスを行っており、単一の円偏波のみを受信するアンテナでは対応できなくなっている。

- 5 このような需要に対応できるアンテナとして、文献「偏波共用ラジアルラインスロットアンテナのスロット設計」、1993年電子情報通信学会春季大会B-49（以下、文献2として参照する）は、左旋円偏波と右旋円偏波の両方を送信または受信できるアンテナを開示している。このアンテナにおいては、放射導波路であるラジアル導波路内に内向きと外向きの円筒波を伝
- 10 送させることにより、左旋円偏波と右旋円偏波の両方を放射することを可能にしている。しかしながら、文献2に開示されたアンテナの効率、スロットの設計を最適化しても70%程度にしかならず、実用化するには低効率である。

15 発明の開示

そこで、本発明は、より高い効率で左旋円偏波と右旋円偏波の両方を送信または受信できるアンテナ、及び、そのアンテナを含む装置を提供することを目的とする。

- 上記目的を達成するために、本発明の第1の観点による平面アレーアンテナは、管軸が相互に平行となるように並んで配置された複数の第1の導波管
- 20 であって各々が円偏波を放射または受信するための複数のスロットを所定の位置に有している前記複数の第1の導波管と、前記複数の第1の導波管の管軸の向きと直角の向きの管軸を有し、それぞれ分岐開口を介して前記複数の第1の導波管の両端に接続された2つの第2の導波管であってそれぞれ給電
- 25 開口をさらに具備している前記2つの第2の導波管とを含み、前記2つの第2の導波管の給電開口を介して、前記複数の第1の導波管のスロットの各々から左旋円偏波と右旋円偏波の両方の電波を放射又は受信する。

以上述べた様な本発明の第1の観点による平面アレーアンテナにおいては、円偏波を放射または受信するためのスロットが第1の導波管の各々の管軸か

ら所定のオフセットをもって配置されていれば、2つの第2の導波管を介して第1の導波管の両側に給電することにより、同一のスロットから左旋円偏波と右旋円偏波の両方を放射することが可能である。その逆に、同一のスロットから左旋円偏波と右旋円偏波の両方を受信することも可能である。

- 5 また、本発明の第2の観点による平面アレーアンテナは、相互に平行に並んで配置された複数の平面線路と、前記複数の平面線路と所定の間隔を保って配置され前記複数の平面線路が円偏波を放射または受信するための複数のスロットを所定の位置に有している導体板と、それぞれ前記複数の平面線路の両端に接続された2つの電力分配回路とを含み、前記2つの電力分配回路
- 10 を介して、前記導体板のスロットの各々から左旋円偏波と右旋円偏波の両方の電波を放射又は受信する。

- 以上述べた様な本発明の第2の観点による平面アレーアンテナにおいては、導波管を用いずに、ストリップ線路やマイクロストリップ線路等の平面線路と、該平面線路を覆う導体ケースに設けたスロットを利用することにより、
- 15 同様の動作を可能にしている。

本発明による平面アレーアンテナは、文献2に開示されたアンテナと異なり、導波管または平面線路とスロットとの電気的結合を最適化することにより80%以上の高い効率を有する。

- さらに、本発明による、平面アレーアンテナを用いた、衛星放送を受信するためのアンテナ装置は、管軸が相互に平行となるように並んで配置された複数の第1の導波管であって各々が第1の円偏波と第2の円偏波の両方を受信するための複数のスロットを所定の位置に有している前記複数の第1の導波管と、前記複数の第1の導波管が受信した第1の円偏波を合成する複数のガイド部を有しこの合成された第1の円偏波を伝送する第2の導波管と、前
- 20 記複数の第1の導波管が受信した第2の円偏波を合成する複数のガイド部を有しこの合成された第2の円偏波を伝送する第3の導波管と、前記第2及び第3の導波管からそれぞれ伝送される合成された第1及び第2の円偏波の内の少なくとも一方をIF (intermediate frequency) 信号に変換するコンバータ手段とを含む。
- 25

以上述べた様な本発明によるアンテナ装置においては、上記平面アレーアンテナにより受信した左旋円偏波と右旋円偏波の一方を選択して、チューナに供給することが可能である。

5 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の第1実施例による平面アレーアンテナの斜視図であり、
第2図は、本発明の第1実施例による平面アレーアンテナの平面図であり、
第3図は、本発明の第2実施例による平面アレーアンテナの平面図であり、
第4図は、本発明の平面アレーアンテナにおける、透過エネルギーとアン

10 テナ効率との関係を表すグラフであり、

第5A図は、本発明の第3実施例による平面アレーアンテナの平面図であり、

第5B図は、本発明の第3実施例による平面アレーアンテナの断面図であり、

15 第6図は、本発明の第4実施例によるアンテナ装置の概略図であり、

第7図は、本発明の第5実施例によるアンテナ装置の概略図であり、

第8図は、本発明の第6実施例によるアンテナ装置の概略図であり、

第9図は、本発明の第7実施例によるアンテナ装置の概略図であり、

第10図は、本発明の第8実施例によるアンテナ装置の概略図であり、

20 第11A図は、本発明によるアンテナ装置の全体を示す平面図であり、

第11B図は、本発明によるアンテナ装置の全体を示す側面図であり、

第12A図は、本発明の第9実施例によるアンテナ装置の平面図であり、

第12B図は、本発明の第9実施例によるアンテナ装置の断面図であり、

25 第13A図と第13B図は、本発明の第10実施例による平面アレーアンテナの平面図であり、

第14図は、従来の単一円偏波用平面アレーアンテナの平面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して、本発明の実施例を説明する。尚、説明の都合上、

アンテナの送信動作について述べるが、相反定理により、同一のアンテナが受信用としても用いられることは明らかである。

第1図は、本発明の第1実施例による平面アレーアンテナの斜視図であり、第2図は、第1図に示す平面アレーアンテナの平面図である。給電用導波管1Aは、給電開口2A及びガイド手段である分岐開口3Aを有し、給電用導波管1Bは、給電開口2B及びガイド手段である分岐開口3Bを有する。

給電開口2A及び2Bの近傍には、ケーブルを介して外部回路と接続するための接続端子4A及び4Bが設けられている。この接続端子4A及び4Bは、ケーブルを接続するためのコネクタ部分とアンテナに給電するための給電ピン部分から成り立っている。接続端子4A及び4Bのコネクタ部分のコールド側は平面アレーアンテナの筐体に接続されており、ホット側は給電ピン部分に接続されている。従って、ケーブルを接続すると、ケーブルのコールド側は平面アレーアンテナの筐体に、ホット側は給電ピン部分に接続される。

互いに平行して並んでいる複数の放射用導波管11は、それぞれ分岐開口3A及び3Bを介して、給電用導波管1A及び1Bに直角に接続されている。これらの放射用導波管11には、円偏波を放射するための複数のクロススロット12が開けられている。給電開口2Aより給電された電波は、給電用導波管1Aを伝搬し、分岐開口3Aを介して複数の放射用導波管11に同位相で分配され、クロススロット12から右旋円偏波として放射される。一方、給電開口2Bより給電された電波は、給電用導波管1Bを伝搬し、分岐開口3Bを介して複数の放射用導波管11に同位相で分配され、同じクロススロット12から左旋円偏波として放射される。

本実施例におけるように、放射用導波管11の各々に両端から同相で給電する場合には、導波管の管内波長 λ_w の間隔でスロットを設けてアンテナ正面に電波を放射させるブロードサイドアレーアンテナを用いると、効率が大幅に低下する。これは、導波管の管内波長 λ_w が自由空間波長 λ_0 より大きいために生じる。即ち、スロット間隔が自由空間波長 λ_0 より大きい場合には、正面方向のメインビームと同じレベルのサイドローブが広角方向に一定

パターンで現れるグレーティングローブと呼ばれる現象を生ずるからである。

- 実用的な効率を実現するためには、スロットを密な間隔で配列する漏れ波アレーアンテナとすることがある。漏れ波アレーアンテナにおいては、電波の放射方向がアンテナ正面ではなく、給電用導波管の管軸方向に大きく傾いた方向にチルトする。従って、右旋円偏波と左旋円偏波のビーム方向は互いに逆向きにチルトするため、アンテナを固定した状態で右旋円偏波と左旋円偏波の両方を受信することは不可能である。しかし、文献 1 に開示されているように、アンテナを自動車の屋根等に取り付けて特定面内で回転させて放送衛星を追尾する場合には、これらのビームの仰角が同一であるので、右旋円偏波と左旋円偏波の内的一方から他方に受信電波を切り替える際に、アンテナをその特定面内で 180° 回転させるだけでよい。都合がよい。

- 第 3 図は、本発明の第 2 実施例による平面アレーアンテナの平面図である。第 1 実施例と異なるのは、隣接する放射用導波管 11 の間でスロットの位置がずらされ、隣接する放射用導波管 11 が互いに逆相で給電される点である。
- 15 隣接する放射用導波管が互いに逆相で給電される場合の利点は、文献「導波管給電プリントアンテナ」、電子情報通信学会技術報告 A P 8 9 - 3 に開示されているように、溝状構造物とスロットを開けた平板の張り合わせによって放射用導波管を構成でき、しかも両者の密着が必ずしも要求されない点にある。

- 20 第 3 図に示すように、隣接する放射用導波管 11 が互いに逆相で給電される場合には、第 2 図の場合とは逆に、漏れ波アレーアンテナとすると、隣接する放射用導波管から放射される電波が逆相となって弱め合うため、放射ビームが形成されず動作しない。そこで、ブロードサイドアレーアンテナとすることを考える。そのためには、放射用クロススロット 12 を、放射用導波管 11 の管軸方向に沿って管内波長 λ_g の間隔で並べ、隣接する放射用導波管 11 の間では放射用クロススロット 12 の位置を管軸方向に $\lambda_g/2$ だけずらして配列する。このとき、放射用導波管 11 の内部に比誘電率 ϵ_r が 1 より大きい誘電体を充填した場合には、第 2 図の場合と異なり、ブロードサイドアレーアンテナにしてもグレーティングローブが発生しないという利点

がある。その理由を、次に説明する。グレーティングローブは、隣接スロット列間の最大間隔が自由空間波長 λ_0 よりも大きい場合に発生する。第3図に示すアンテナにおいては、図示した距離“h”がこの最大間隔となる。ここで、放射用導波管11の管壁の厚さを無視して、その幅を“a”とすると、

5 距離“h”は次の式(1)で表される。

$$\lambda_g : h = \sqrt{a^2 + \left(\frac{\lambda_g}{2}\right)^2} : a \quad - - - - (1)$$

一方、放射用導波管11の管内波長 λ_ϵ は、基本モードであるTE10モードで伝送する場合には、次の式(2)で表されることが知られている。

10

$$\lambda_g = \frac{\lambda_\epsilon}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_\epsilon}{2a}\right)^2}} \quad - - - - (2)$$

ただし、 λ_ϵ は誘電体内の波長であり、次の式(3)により与えられる。

15

$$\lambda_\epsilon = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad - - - - (3)$$

式(1)、(2)を整理すると、結局、距離“h”は λ_ϵ と一致するので、比誘電率 ϵ_r が1よりもわずかに大きい場合には、 $h < \lambda_0$ となり、グレー

20 ティングローブは発生しない。さらに、比誘電率の温度変化等を考慮すれば、比誘電率が約1.1以上であることが望ましい。

本実施例による平面アレーアンテナは、ブロードサイドアレーアンテナとなるので、その放射方向は右旋円偏波と左旋円偏波について一致させることができる。従って、右旋円偏波と左旋円偏波の一方から他方に受信信号を切り換える際にも、アンテナを回転させる必要はない。

25

次に、上記第1あるいは第2の実施例による平面アレーアンテナが、実用上十分に高い効率を有することを示す。

一般に、平面アレーアンテナの効率が最大となるのは、全ての放射用スロットが同一振幅で電波を放射するときであり、単一円偏波用アレーアンテナ

の場合には、管軸方向に沿ってスロットの長さや位置等を調整することによってこれを実現している。従って、理論効率は100%となる。

これに対し、本発明による平面アレーアンテナにおいては、放射用導波管11は両側から給電されるため、片側からの給電に対してスロット放射が5 様になるように設計すると、反対側からの給電に対してはスロット放射が傾きの大きな分布となり、効率が著しく低下する。最も簡単なモデルとして、すべて同じ形状のスロットが並んでいる場合、各スロットから一定の割合で電波が放射され、残ったエネルギーは、放射用導波管11を透過して、現在給電していない反対側の給電用導波管に吸収される。

- 10 第4図は、この透過エネルギーの割合を変化させてアンテナ効率を計算した結果を示すグラフである。この透過エネルギーは損失となるが、この損失が約8%のときにアンテナの効率は最大値約81%となる。この効率は、文献2に示されたラジアルラインスロットアンテナや、現在実用に供されているパラボラアンテナよりも高く、十分実用に耐え得る値となる。本発明によ
- 15 る平面アレーアンテナが文献2に示されたアンテナよりも高い効率を実現できる理由は次の通りである。

- ラジアルラインスロットアンテナは、放射用ラジアル導波路内で伝送される内向き円筒波と外向き円筒波という異なる振る舞いをする波を利用して右旋円偏波と左旋円偏波の放射を実現しているため、右旋円偏波と左旋円偏波
- 20 の両方で同時に効率が高くなる条件が存在しない。これに対し、本発明によるアンテナにおいては、方形導波管のような断面が一様な放射用導波路を用いているため、この導波路内をどちら向きに伝搬する波も全く同一の振る舞いを示す。従って、スロットを放射用導波管の中間点を中心にはほぼ左右対称に配置することにより、右旋円偏波と左旋円偏波のそれぞれに対する効率最
- 25 大の条件がほぼ一致するため、高い効率が得られる。

次に、本発明の第3実施例による平面アレーアンテナについて説明する。これまで説明した実施例は、導波管を用いてアレーアンテナを構成していたが、本発明はこれに限定されるものでなく、導波管のかわりに、マイクロストリップ線路、ストリップ線路、コプレーナ線路、スロット線路、平行平板

線路、又は誘電体表面波線路などの平面線路を用いてもよい。第3実施例として、ストリップ線路を用いた平面アレーアンテナを第5A及び5B図に示す。第5A図は平面図であり、第5B図は、第5A図に示す線A-Aに沿った断面図である。導体板33及び導体ケース34の内側に、ストリップ線路が間に形成された2つの誘電体基板35、36が設けられている。この構造は、2つの誘電体を介して3つの導体が重なっているため、トリプレート構造と呼ばれる。ストリップ線路は、互いに平行している複数の放射用線路31と、これらの放射用線路31に両側から信号を供給するための分配回路21A及び21Bとを含んでいる。また、これらの分配回路21A及び21Bを外部回路と接続するための接続端子24A及び24Bが設けられている。放射用線路31に相対する導体板33に、各々が非平行の線形スロットのペアからなる複数の円偏波放射スロット32が開けられている。

接続端子24Aに印加された信号は、分配回路21Aを経由し、複数の放射用線路31に同位相で供給され、円偏波放射スロット32から右旋円偏波として放射される。一方、接続端子24Bに印加された信号は、同じ円偏波放射スロット32から左旋円偏波として放射される。

以上述べた第1から第3の実施例においては、クロススロット及び非平行スロットを円偏波放射スロットの例として示したが、他の形状のスロットによっても本発明が実施できることは明らかである。また、給電用導波管または分配回路に関しても、放射用導波管または放射用線路を平行に給電することができれば、その形状は上記実施例に限定されない。さらに、平面線路を用いる場合には、スロットと電磁気学的に補対関係にあるストリップダイポールを使用しても、右旋円偏波及び左旋円偏波の両方を放射できる平面アレーアンテナを実現できる。

次に、上記実施例で説明したような平面アレーアンテナを用いたアンテナ装置について説明する。アンテナ装置の全体を示す平面図を第11A図に、側面図を第11B図に示す。ただし、内部を見やすくするため、第11A図においてはカバーとなるレドームを外しており、第11B図においてはレドームを中心にカットしている。アンテナを回転させる手段としては、平面ア

レーアンテナ41の下方にある回転部71、ベルト72、減速機73、モータ74、固定側回路ユニット75内のモータ駆動回路が組み込まれている。

また、参照番号76は、回転側回路ユニットである。平面アレーアンテナ41の仰角は、EL駆動部77及びELモータ78により調整される。また、

- 5 回転部71は、回転側回路ユニット76やELモータ78やコンバータ42A及び42Bに、電源と制御信号を伝達するためのスリップリングを有する。これらの要素はベース板79の上に搭載され、レドーム80によって覆われている。

- 第6図は、本発明の第4実施例によるアンテナ装置の概略図である。この
- 10 装置は、自動車の屋根等に回転可能に取り付けられた、第1実施例に示したのと同様の平面アレーアンテナ41と、それぞれ接続端子4A及び4Bを介して該アンテナに接続されているコンバータ42A及び42Bと、該コンバータにそれぞれ接続されているDCカット用のキャパシタ43A及び43Bと、電気的にはキャパシタと等価である回転結合器44と、チューナ45と
- 15 を含む。さらに、DC電源49が、制御回路46によって一方がオンされる2つのスイッチ回路48A及び48Bや、干渉防止用の抵抗47A及び47Bや、第11B図に示す回転部71に設けられたスリップリング等をそれぞれ介してコンバータ42A及び42Bに接続されている。コンバータ42A及び42Bは、信号出力ラインにDC電圧が供給されたとき、アンテナ41
- 20 からの衛星放送のRF(radio frequency)信号をIF(intermediate frequency)信号にダウンコンバートする。制御回路46は、所望の円偏波を表す与えられた偏波情報により、スイッチ回路47A及び47Bのうち所望の円偏波側の1つをオンする。従って、本実施例によれば、コンバータ42A及び42BのうちDC電圧が供給された1つから出力されたIF信号の
- 25 みがチューナ45に入力されるので、所望の円偏波を選択することが可能となる。尚、回転結合器44のかわりに、キャパシタ43A及び43Bを回転結合器で構成することにより、キャパシタの数を削減することも可能である。

また、第7図に示す第5実施例のように、電源ラインではなく信号ラインにスイッチ回路を設けることで、所望の円偏波を選択することも可能である。

第7図において、コンバータ42A及び42Bから出力された2つのIF信号は、DCカット用のキャパシタ51A及び51Bをそれぞれ介して、スイッチ52によりその一方が選択されてチューナ45に入力される。一方、コンバータ42A及び42Bの両方にDC電圧が供給されている。尚、本実施
5 例においては回転結合器が図示されていないが、DCカット用のキャパシタ51A及び51Bと共用することができる。または、スイッチ52とチューナ45との間に回転結合器を設けてもよい。

第6図や第7図に示すアンテナ装置においては、コンバータ42A又は42Bの信号ラインが電源ラインを兼ねていたが、これらのラインが別々とな
10 っているコンバータを使用することも可能である。

第8図に示す第6実施例においては、2つのコンバータ42A及び42Bから出力されたIF信号が結合され、回転結合器53を介してチューナ45に入力される。これのコンバータ42A及び42BのうちDC電圧が供給された1つから出力されたIF信号のみがチューナ45に入力される。このよ
15 うにして、所望の円偏波を選択することが可能である。

また、第9図に示す第7実施例においては、2つのコンバータ42A及び42Bから出力されたIF信号がそれぞれDCカット用キャパシタ51A及び51Bを介して取り出され、その一方がスイッチ回路52により選択されてチューナ45に入力される。一方、コンバータ42A及び42Bの両方に
20 DC電圧が供給されている。尚、本実施例においては回転結合器が図示されていないが、DCカット用のキャパシタ51A及び51Bと共用することができる。または、スイッチ52とチューナ45との間に回転結合器を設けてもよい。このようにして、所望の円偏波を選択することが可能である。

第6図から第9図に示すアンテナ装置においては、電氣的な切り換えによって右旋円偏波と左旋円偏波の内の一方を選択したが、アンテナの方向を変
25 えることによっても選択が可能である。

第10図に示す本発明の第8実施例によるアンテナ装置は、自動車の屋根等に取り付けられた平面アレーアンテナ41を回転させるアンテナ回転手段63を備えている。このアンテナ回転手段63は、第11B図に示す回転部

7 1、ベルト7 2、減速機7 3、モータ7 4、固定側回路ユニット7 5内のモータ駆動回路により構成される。

第10図を参照すると、DC電圧が供給されているコンバータ4 2 A及び4 2 Bから出力された2つのIF信号が加算手段6 1によって加算され、回転結合器5 3を介してチューナ4 5に入力される。ここで、加算手段6 1は、その回路形式が許せば、単に2つのコンバータ4 2 A及び4 2 Bの出力を結線したものでも構わない。固定側回路ユニット7 5内の制御回路6 2は、所望の円偏波を表す偏波情報と、チューナ4 5からの受信チャンネルの偏波情報を受けて、一致しているか否かを判定する。これらの偏波情報が一致しないという判定結果が得られた場合には、制御回路6 2は制御信号をアンテナ回転手段6 3に出力し、アンテナ回転手段6 3はこれに基づいてアンテナ4 1をほぼ180°回転させる。これにより、右旋円偏波と左旋円偏波のうち所望の円偏波を選択することが可能となる。

次に、本発明の第9実施例によるアンテナ装置について、第12 A図と第12 B図を参照しながら説明する。第12 A図は平面図であるが、見やすくするために、複数のスロットを有するアンテナ上面（第12 B図の8 1）は省略されている。第12 B図は、第12 A図中の線B-Bに沿った断面図である。本実施例においては、アンテナ本体8 2の下方に伝送部8 3を取り付けたことにより、単一のコンバータ8 5のみを用いて動作できるようにしている。即ち、第1実施例に見られるような給電用導波管の給電開口を下側に設け、これに導波管として作用する伝送部8 3を一体成型又は接続したものである。これにより、アンテナ両側の給電開口は連結されるので、右旋円偏波と左旋円偏波の両方について接続端子8 4を介して単一のコンバータ8 5との間でエネルギーの受け渡しが可能となる。

次に、本発明の第10実施例による平面アレーアンテナについて、第13 A図と第13 B図を参照しながら説明する。第13 A図と第13 B図は平面図であるが、見やすくするために、複数のスロットを有するアンテナ上面は省略されている。本実施例においては、給電用導波管の分岐開口3 A及び3 Bの近傍に、第13 A図に示す誘導性ポスト9 3 A及び9 3 B、又は、第1

3 B図に示す誘導性壁 9 4 A及び 9 4 Bを設け、これにより反射を低減したものである。誘導性ポスト又は誘導性壁の反射低減効果については、文献「同相給電導波管スロットアレーアンテナ用誘導性壁を有する導波管 π 分岐の解析」、1994年電子情報通信学会春季大会B-54、及び、文献「誘導性壁装荷一層構造 π 及びT分岐の特性」、1995年電子情報通信学会総合大会B-83に詳しい。誘導性ポスト 9 3 A及び 9 3 Bは、アンテナ本体 9 2を作成した後で取り付けることができる。また、誘導性壁 9 4 A及び 9 4 Bは、アンテナ本体 9 2を作成する際に同時に形成すれば、後加工が不要となる。

- 10 尚、以上の実施例においては、それぞれ給電開口 2 A及び 2 Bの近傍に接続端子 4 A及び 4 Bを設け、アンテナ本体とコンバータとの電波のやり取りはケーブルによって行っているが、本発明はこれに限定されるものではなく、以下の構成によることもできる。

まず、給電開口自体を導波管の標準開口、例えば規格WR-75にすることが挙げられる。この構成にした場合、コンバータの入力側についても導波管の標準開口に合わせることが必要であり、給電開口の役割は電波が通るための開口として働くことである。

さらに、コンバータの給電部に接続端子 4 A及び 4 Bの給電ピン部分のみを設ける場合もある。この場合にも、ケーブルが不要となり、給電開口の役割は、実施例中の接続端子 4 A及び 4 Bを使用する場合と同じで、接続端子 4 A及び 4 Bのコネクタ部分を通す穴として働くことである。

また、実施例においては、平面アレーアンテナとコンバータを接続端子 4 A及び 4 Bあるいは接続端子 8 4を介して接続しているが、上述したように、これらの接続端子を介さないで接続してもよい。

25

産業上の利用可能性

以上述べた様に、本発明に係る平面アレーアンテナは、高い効率で左旋円偏波と右旋円偏波の両方を送信または受信するために有用である。

請 求 の 範 囲

1. 平面アレーアンテナであって、

管軸が相互に平行となるように並んで配置された複数の第1の導波管であ
5 って、各々が円偏波を放射または受信するための複数のスロットを所定の位
置に有している前記複数の第1の導波管と、

前記複数の第1の導波管の管軸の向きと直角の向きの管軸を有し、それぞ
れ分岐開口を介して前記複数の第1の導波管の両端に接続された2つの第2
の導波管であって、それぞれ給電開口をさらに具備している前記2つの第2
10 の導波管と、を含み、

前記2つの第2の導波管の給電開口を介して、前記複数の第1の導波管の
スロットの各々から左旋円偏波と右旋円偏波の両方の電波を放射又は受信す
る前記平面アレーアンテナ。

2. 平面アレーアンテナであって、

15 相互に平行に並んで配置された複数の平面線路と、

前記複数の平面線路と所定の間隔を保って配置され、前記複数の平面線路
が円偏波を放射または受信するための複数のスロットを所定の位置に有して
いる導体板と、

それぞれ前記複数の平面線路の両端に接続された2つの電力分配回路と、
20 を含み、

前記2つの電力分配回路を介して、前記導体板のスロットの各々から左旋
円偏波と右旋円偏波の両方の電波を放射又は受信する前記平面アレーアンテ
ナ。

3. 少なくとも1つのコンバータに接続される平面アレーアンテナであっ
25 て、

管軸が相互に平行となるように並んで配置された複数の第1の導波管であ
って、各々が第1の円偏波と第2の円偏波の両方を受信するための複数のス
ロットを所定の位置に有している前記複数の第1の導波管と、

前記複数の第1の導波管が受信した第1の円偏波を合成する複数のガイド

部を有し、この合成された第 1 の円偏波を前記少なくとも 1 つのコンバータへ伝送する第 2 の導波管と、

前記複数の第 1 の導波管が受信した第 2 の円偏波を合成する複数のガイド部を有し、この合成された第 2 の円偏波を前記少なくとも 1 つのコンバータ

5 へ伝送する第 3 の導波管と、

を含む前記平面アレーアンテナ。

4. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、前記第 1 及び第 2 の給電導波管が前記複数の導波管と同一平面上にある、前記平面アレーアンテナ。

10 5. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、

前記平面アレーアンテナは、前記複数の第 1 の導波管と離れて位置する一つのコンバータに接続されるものであり、

前記第 2 の導波管は、合成された第 1 の円偏波を前記コンバータへ伝送する第 1 の伝送手段をさらに有し、

15 前記第 3 の導波管は、合成された第 2 の円偏波を前記コンバータへ伝送する第 2 の伝送手段をさらに有する、前記平面アレーアンテナ。

6. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、

前記第 1 の円偏波は左旋円偏波であり、

前記第 2 の円偏波は右旋円偏波である、前記平面アレーアンテナ。

20 7. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、

前記複数のスロットはクロススロットである、前記平面アレーアンテナ。

8. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、

前記複数のスロットは、前記複数の第 1 の導波管の各々の片側に配置されている、前記平面アレーアンテナ。

25 9. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、

前記複数のスロットは、前記管軸から同一のオフセット量を有する、前記平面アレーアンテナ。

10. 請求項 3 に記載の平面アレーアンテナであって、

前記複数のスロットは、前記管軸方向に前記第 1 及び第 2 の円偏波の管内

波長の間隔ではほぼ並んでいる、前記平面アレーアンテナ。

1 1. 平面アレーアンテナを用いた、衛星放送を受信するためのアンテナ装置であって、

5 管軸が相互に平行となるように並んで配置された複数の第1の導波管であって、各々が第1の円偏波と第2の円偏波の両方を受信するための複数のスロットを所定の位置に有している前記複数の第1の導波管と、

前記複数の第1の導波管が受信した第1の円偏波を合成する複数のガイド部を有し、この合成された第1の円偏波を伝送する第2の導波管と、

10 前記複数の第1の導波管が受信した第2の円偏波を合成する複数のガイド部を有し、この合成された第2の円偏波を伝送する第3の導波管と、

前記第2及び第3の導波管からそれぞれ伝送される合成された第1及び第2の円偏波の内の少なくとも一方をIF (intermediate frequency) 信号に変換するコンバータ手段と、

を含む前記アンテナ装置。

15 1 2. 請求項11に記載のアンテナ装置であって、

前記平面アレーアンテナ装置が前記第1及び第2の円偏波のどちらか一方のみを受信するように前記コンバータ手段を制御する制御手段をさらに含む、前記アンテナ装置。

1 3. 請求項12に記載のアンテナ装置であって、

20 前記コンバータ手段は、前記第2の導波管から伝送される合成された第1の円偏波を第1のIF信号に変換する第1の回路と、前記第3の導波管から伝送される合成された第2の円偏波を第2のIF信号に変換する第2の回路とを含み、

25 前記制御手段は、前記第1及び第2の回路の選択された一方に電源を供給する手段を含む、前記アンテナ装置。

1 4. 請求項12に記載のアンテナ装置であって、

前記コンバータ手段は、前記第2の導波管から伝送される合成された第1の円偏波を第1のIF信号に変換する第1の回路と、前記第3の導波管から伝送される合成された第2の円偏波を第2のIF信号に変換する第2の回路

とを含み、

前記制御手段は、前記第1及び第2の回路の出力信号の内的一方を選択する手段を含む、前記アンテナ装置。

15. 請求項11に記載のアンテナ装置であって、

- 5 前記第1の導波管が前記第1及び第2の円偏波の内のどちらか一方を受信できるように、少なくとも前記第1から第3の導波管を回転させるアンテナ回転手段と、

前記第1の導波管が受信した円偏波が所望の円偏波であるか否かを判定し、

前記第1の導波管が受信した円偏波が所望の円偏波でない場合に、前記第

- 10 1の導波管が所望の円偏波を受信するように前記アンテナ回転手段を制御する制御手段と、

をさらに含む、前記アンテナ装置。

16. 請求項11に記載のアンテナ装置であって、

移動体に搭載されるための筐体をさらに含む、前記アンテナ装置。

- 15 17. 請求項11に記載のアンテナ装置であって、

前記ガイド部は開口部である、前記アンテナ装置。

18. 請求項3に記載の平面アレーアンテナであって、

前記ガイド部は開口部である、前記平面アレーアンテナ。

FIG. 1

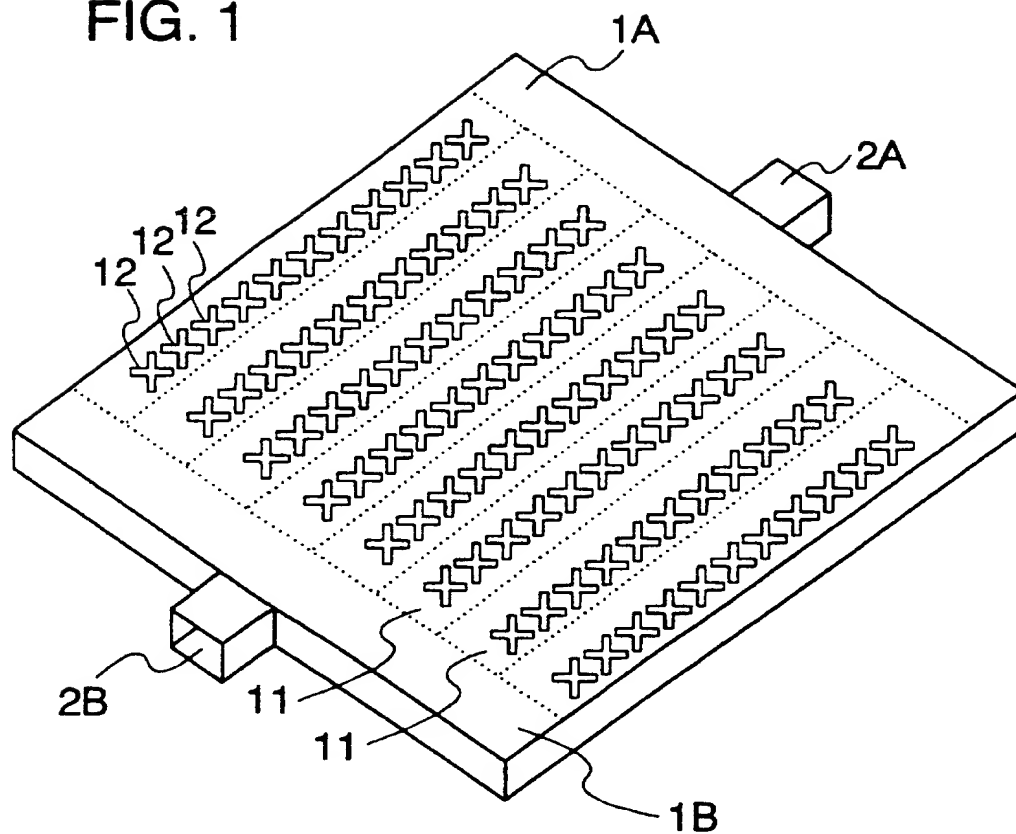


FIG. 2

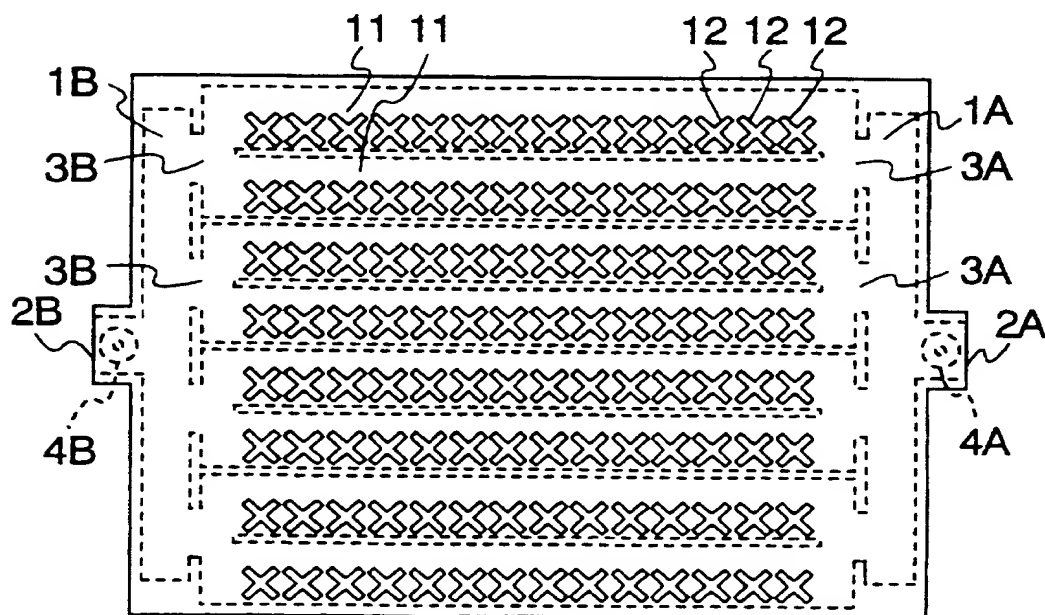
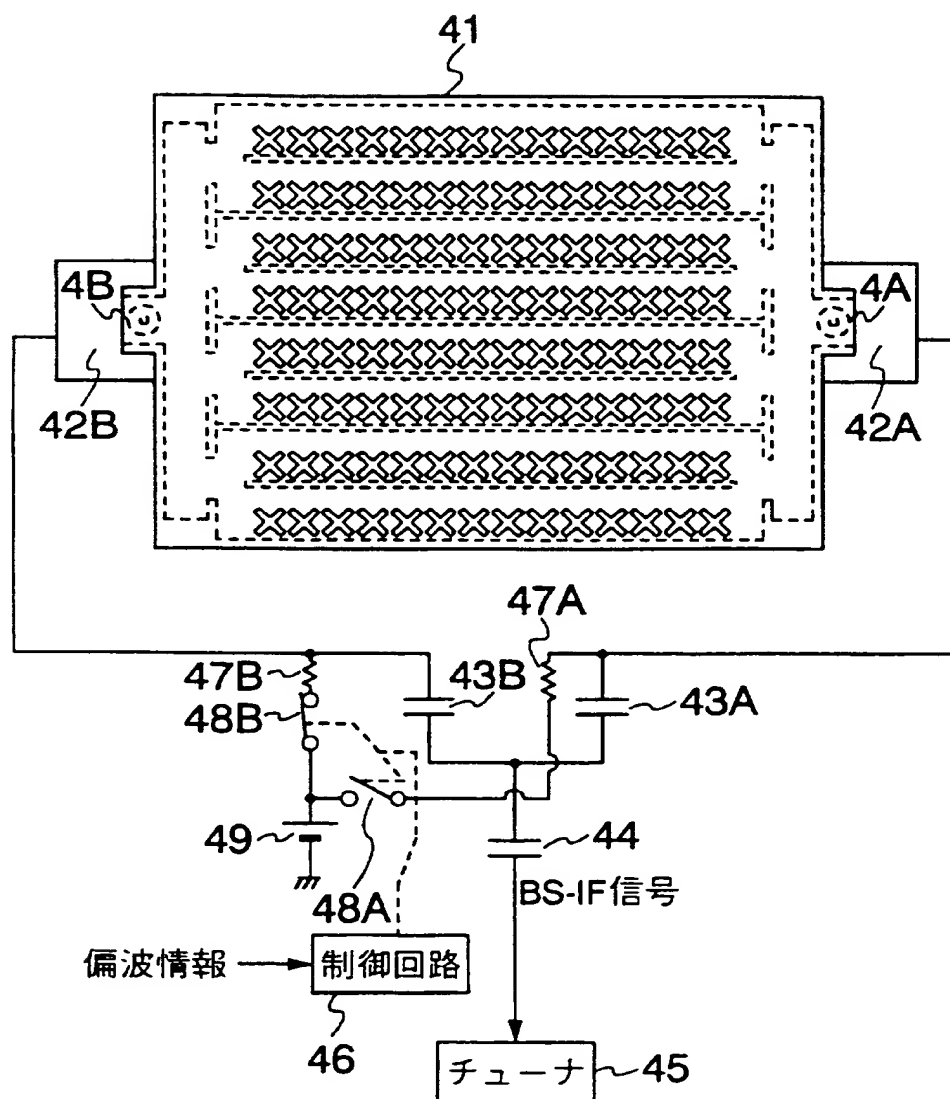


FIG. 6



5/11

FIG. 7

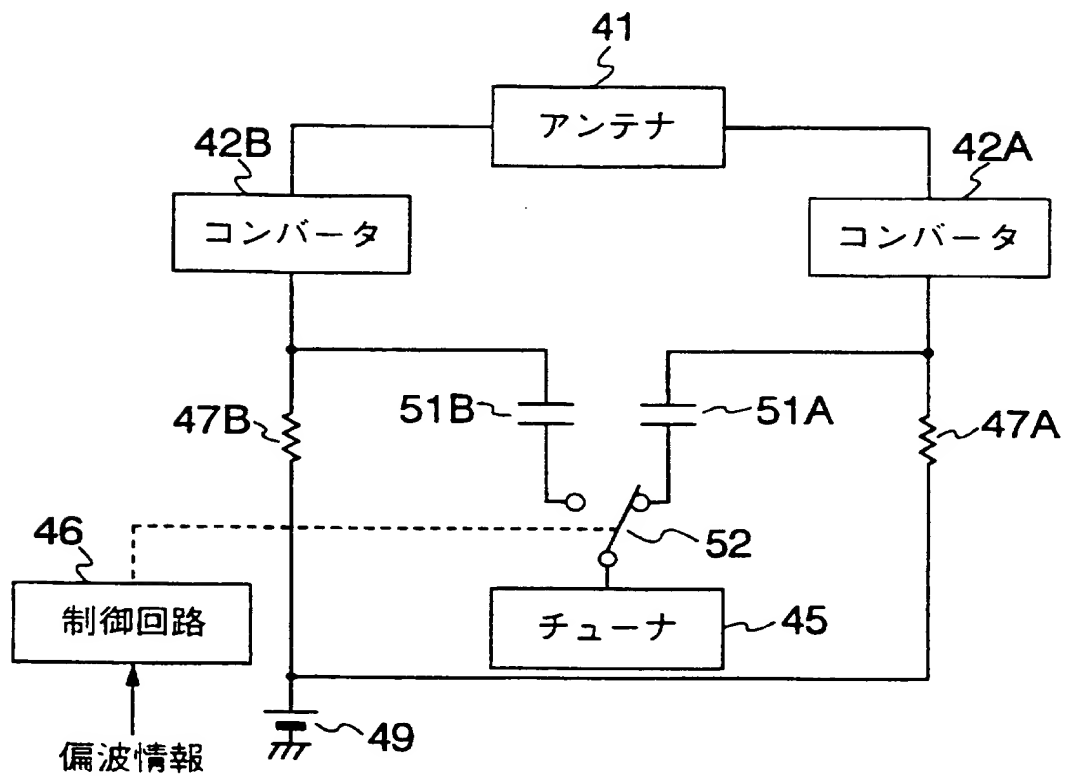


FIG. 8

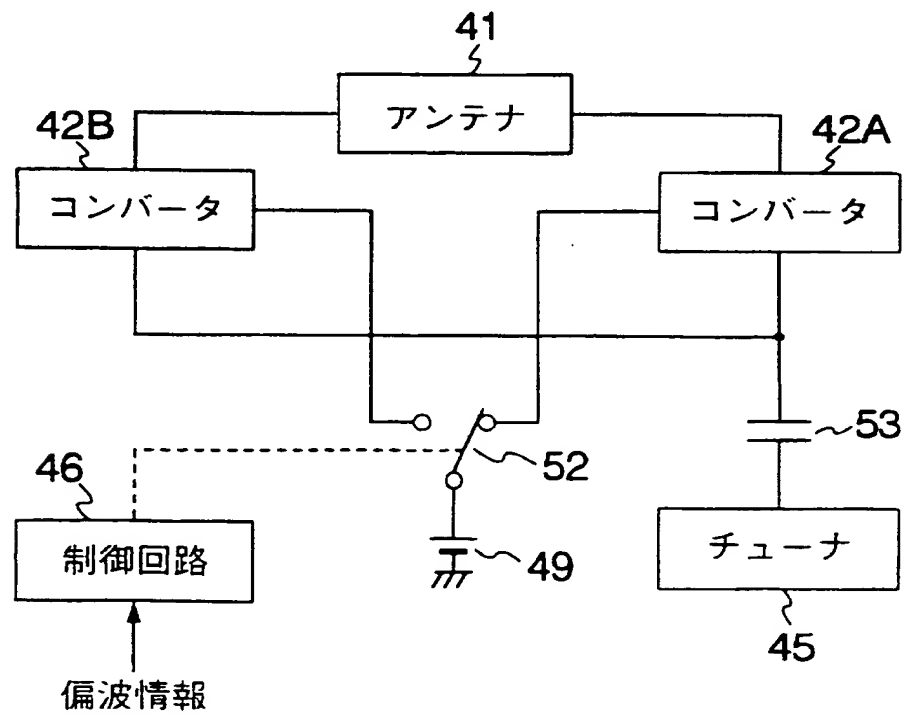


FIG. 9

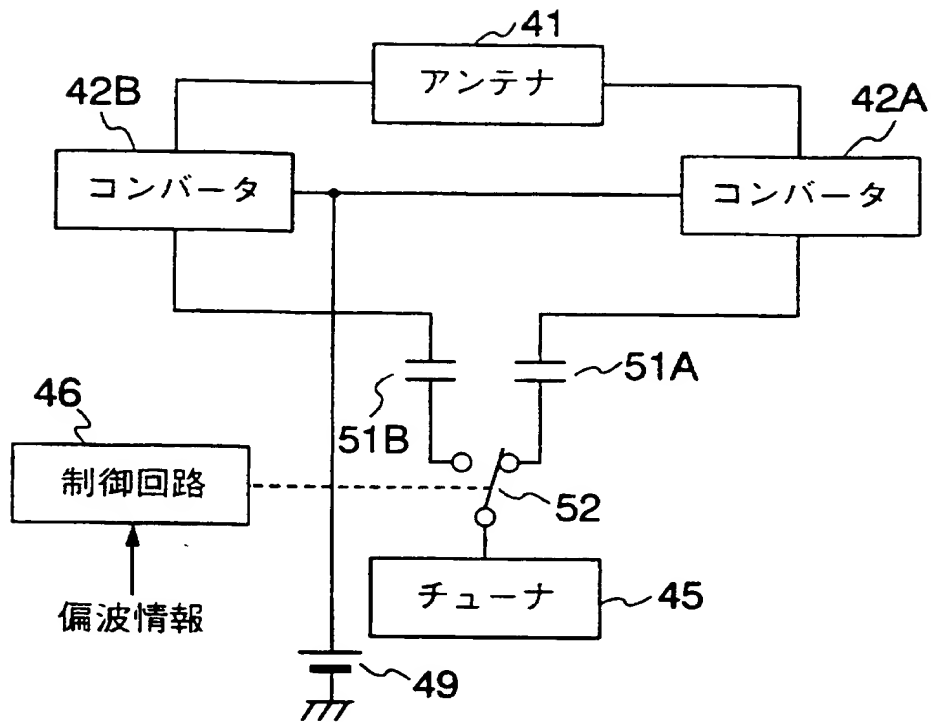


FIG. 10

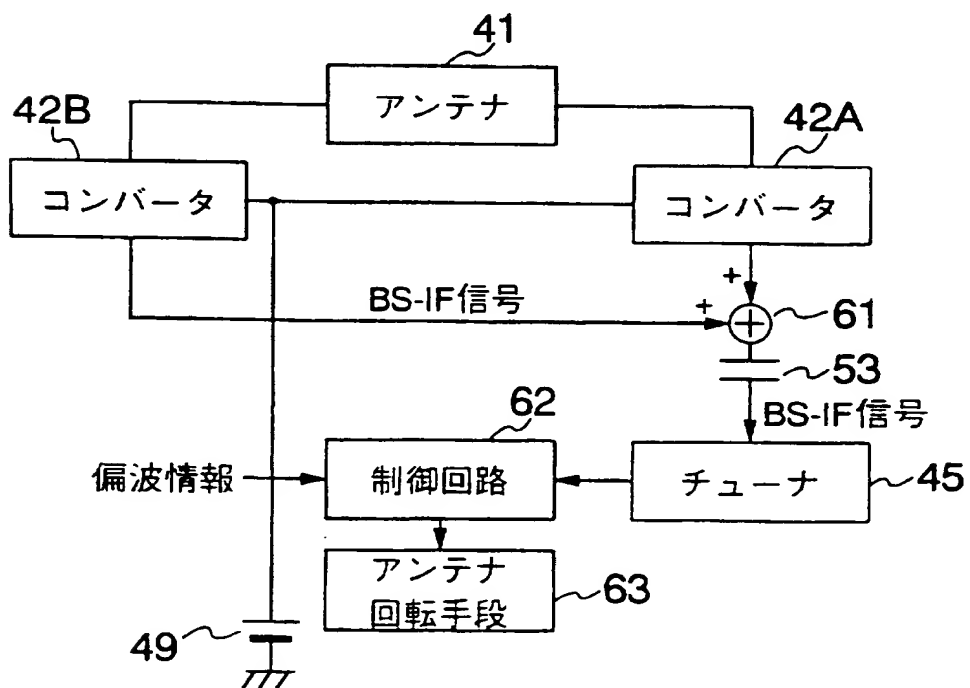


FIG. 11A

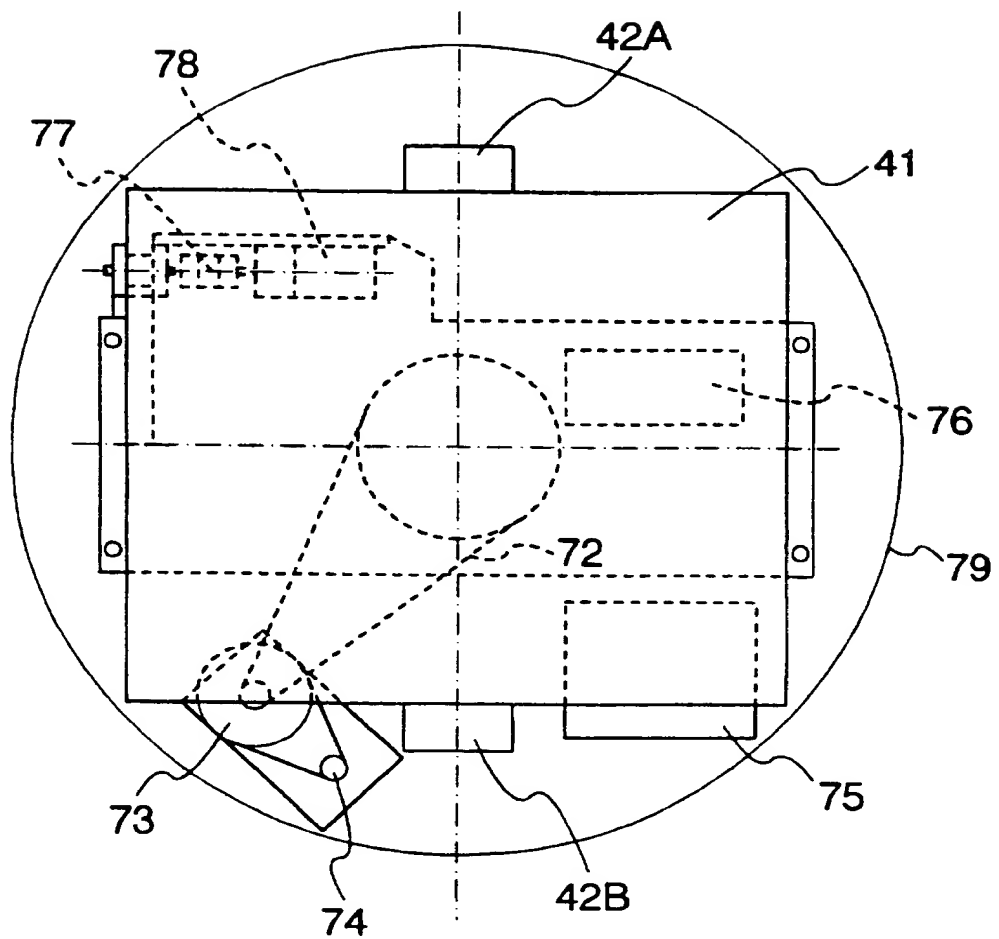


FIG. 11B

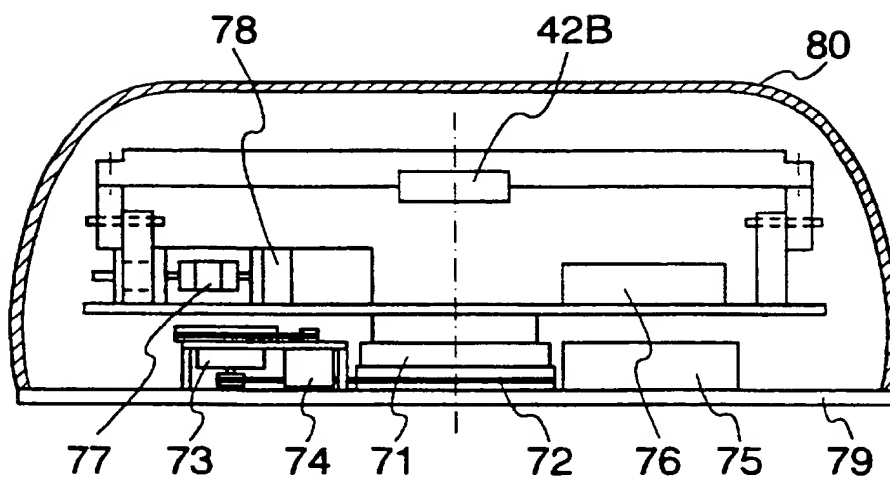


FIG. 12A

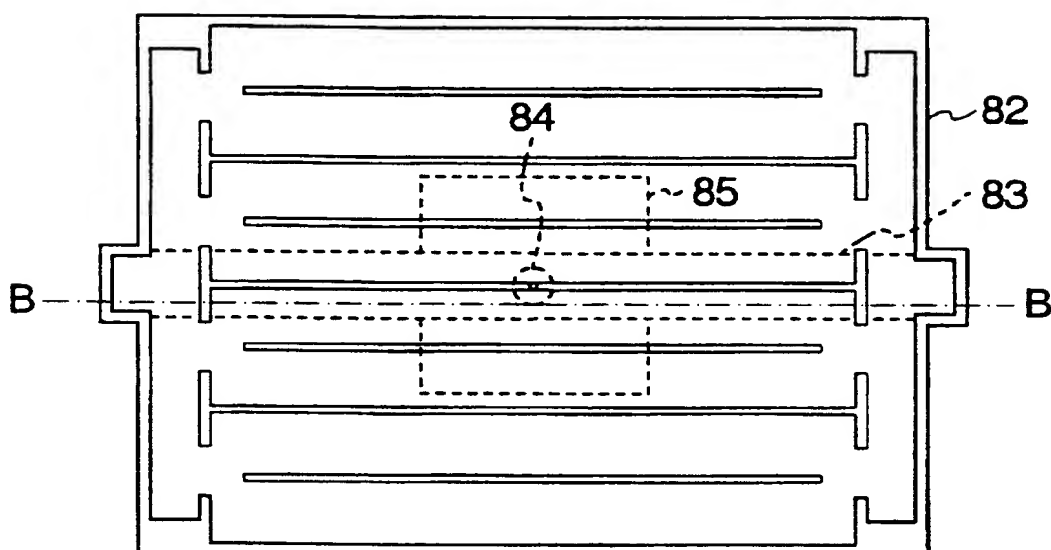


FIG. 12B

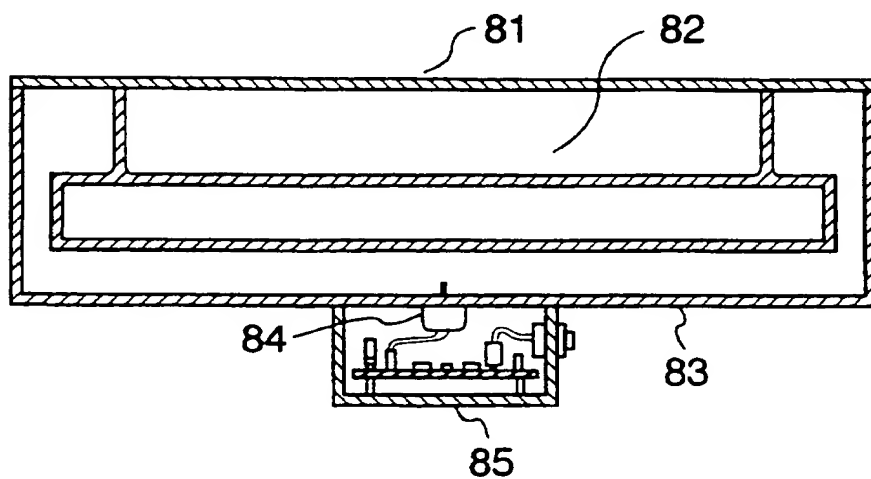


FIG. 13A

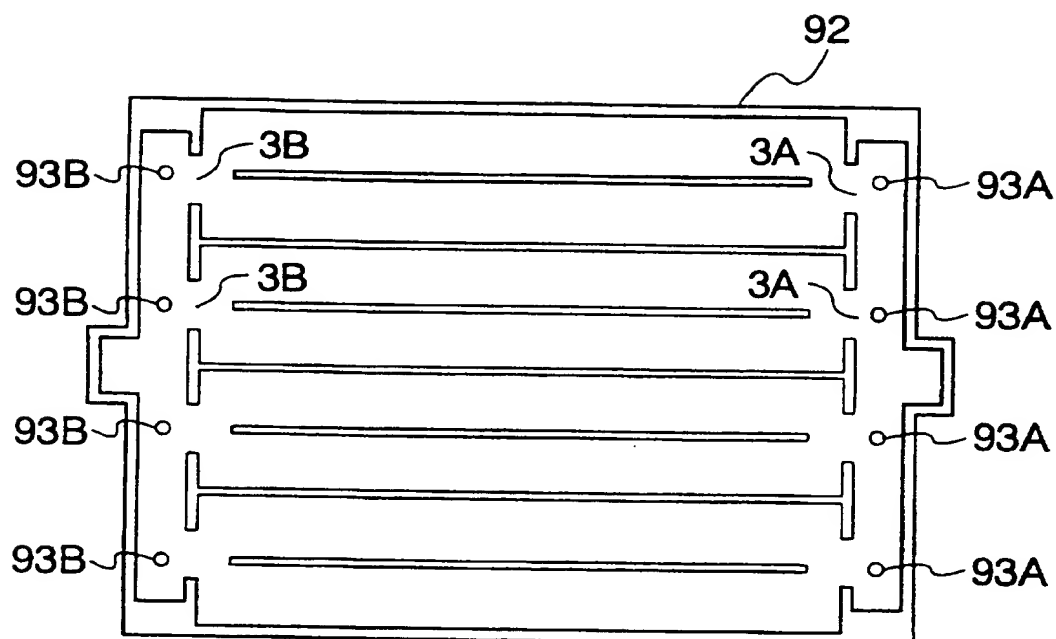


FIG. 13B

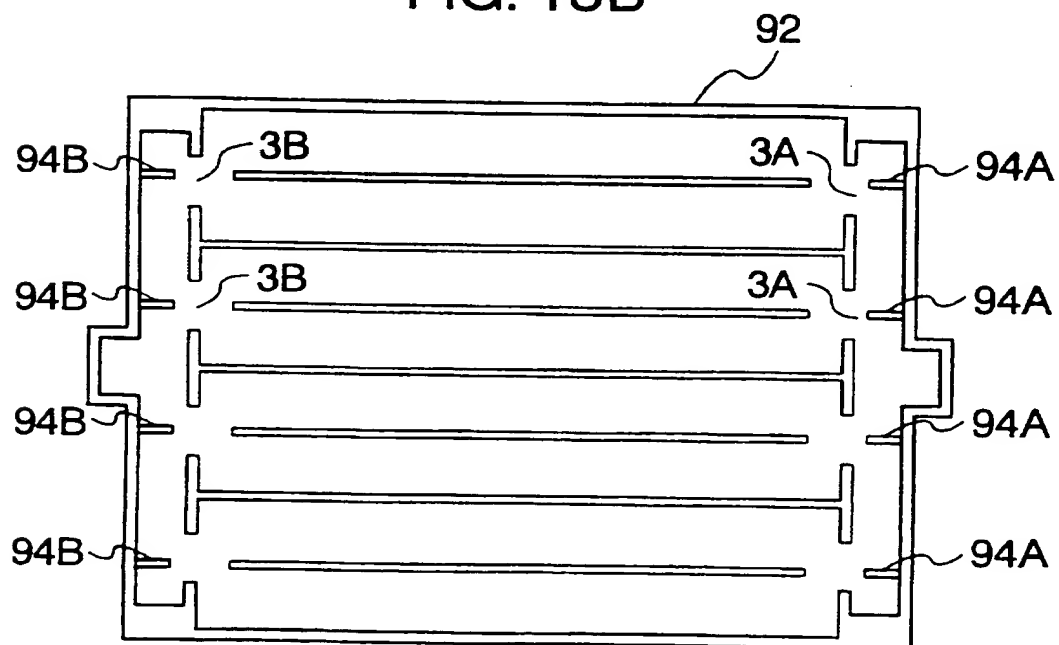
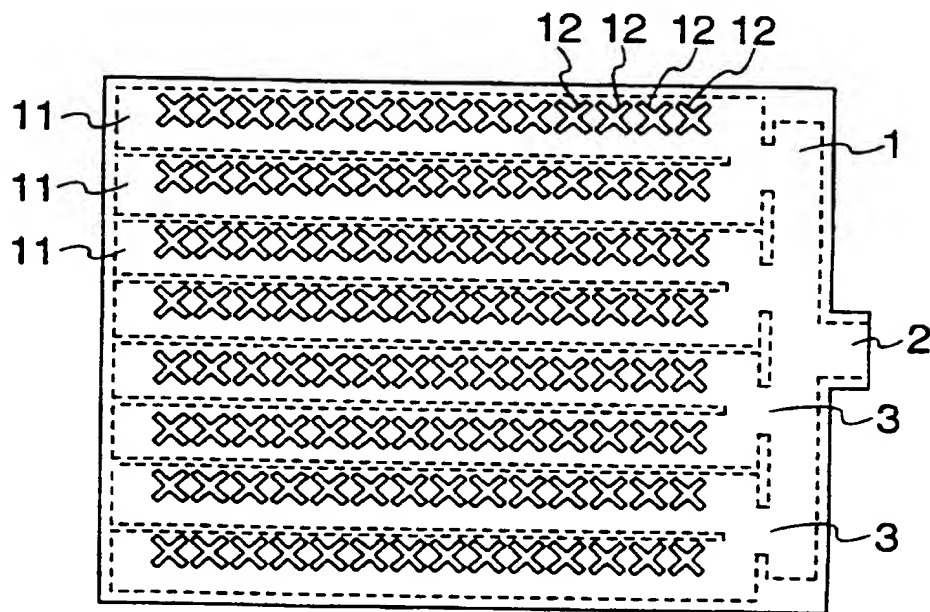


FIG. 14
PRIOR ART



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/00572

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ H01Q13/10, H01Q21/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ H01Q13/10, H01Q21/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1996

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1996

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 62-36906, A (Sharp Corp.), February 17, 1987 (17. 02. 87), Figs. 1 to 5 & US, 4704770, A	1, 2
Y	JP, 04-145704, A (NEC Corp.), May 19, 1992 (19. 05. 92), Line 8, upper left column to line 5, upper right column, page 2 (Family: none)	1, 3-18
Y	JP, 02-186703, A (Naohisa Goto), July 23, 1990 (23. 07. 90), Lines 11 to 18, lower left column, page 5, Figs. 7 to 8 (Family: none)	1, 3-18
Y	JP, 54-96389, A (Toshiba Corp.), July 30, 1979 (30. 07. 79), Fig. 5 (Family: none)	2
Y	JP, 03-169104, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), July 22, 1991 (22. 07. 91),	3 - 18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

May 1, 1996 (01. 05. 96)

Date of mailing of the international search report

May 14, 1996 (14. 05. 96)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/00572

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
	Figs. 1, 3 (Family: none)	
Y	JP, 03-169103, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), July 22, 1991 (22. 07. 91), Fig. 2 (Family: none)	12 - 14
Y	JP, 02-159802, A (Nippon Steel Corp.), June 20, 1990 (20. 06. 90), Fig. 2 & US, 5073783, A	15, 16
A	JP, 03-174807, A (DX Antenna Co., Ltd.), July 30, 1991 (30. 07. 91) (Family: none)	1 - 18
A	JP, 05-22025, A (President of Tokyo Institute of Technology), January 29, 1993 (29. 01. 93) (Family: none)	1 - 18
E	JP, 08-78948, A (Nippon Steel Corp.), March 22, 1996 (22. 03. 96) (Family: none)	1 - 18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. H 01 Q 13/10, H 01 Q 21/06

B. 調査を行った分野
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. H 01 Q 13/10, H 01 Q 21/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996
日本国公開実用新案公報 1971-1996

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー *	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 62-36906, A (シャープ株式会社) 17. 2月. 1987 (17. 02. 87), 第1-5図 & US, 4704770, A	1, 2
Y	J P, 04-145704, A (日本電気株式会社) 19. 5月. 1992 (19. 05. 92), 第2頁, 左上欄第8行-右上欄第5行 (ファミリーなし)	1, 3-18
Y	J P, 02-186703, A (後藤尚久) 23. 7月. 1990 (23. 07. 90), 第5頁, 左下欄第11行-第18行, 第7-8図 (ファミリーなし)	1, 3-18
Y	J P, 54-96389, A (東京芝浦電気株式会社) 30. 7月. 1979 (30. 07. 79), 第5図 (ファミリーなし)	2

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
01. 05. 96

国際調査報告の発送日 14.05.96

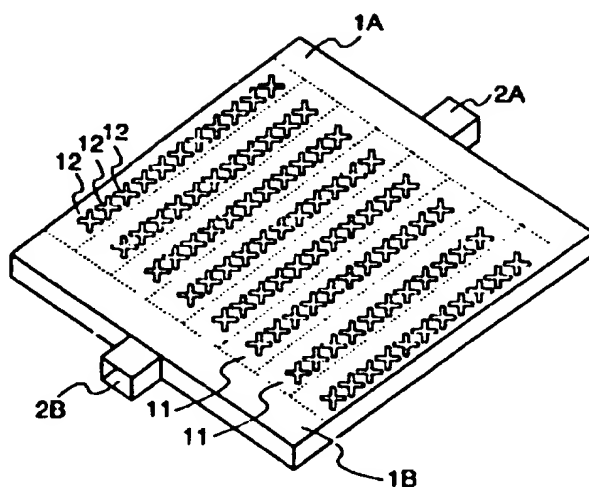
国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号 100
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
須田 勝巳 印
5 J 8941
電話番号 03-3581-1101 内線 3536

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 0 3 - 1 6 9 1 0 4, A (松下電器産業株式会社) 2 2. 7月. 1 9 9 1 (2 2. 0 7. 9 1), 第1, 3図 (ファミリーなし)	3 - 1 8
Y	J P, 0 3 - 1 6 9 1 0 3, A (松下電器産業株式会社) 2 2. 7月. 1 9 9 1 (2 2. 0 7. 9 1), 第2図 (ファミリーなし)	1 2 - 1 4
Y	J P, 0 2 - 1 5 9 8 0 2, A (新日本製鐵株式会社) 2 0. 6月. 1 9 9 0 (2 0. 0 6. 9 0), 第2図&US, 5 0 7 3 7 8 3, A	1 5, 1 6
A	J P, 0 3 - 1 7 4 8 0 7, A (デイエックスアンテナ株式会社) 3 0. 7月. 1 9 9 1 (3 0. 0 7. 9 1), (ファミリーなし)	1 - 1 8
A	J P, 0 5 - 2 2 0 2 5, A (東京工業大学長) 2 9. 1月. 1 9 9 3 (2 9. 0 1. 9 3), (ファミリーなし)	1 - 1 8
E	J P, 0 8 - 7 8 9 4 8, A (新日本製鐵株式会社) 2 2. 3月. 1 9 9 6 (2 2. 0 3. 9 6), (ファミリーなし)	1 - 1 8



72) GOTO, Naohisa, JP
72) ANDO, Makoto, JP
72) MORIYA, Motonobu, JP
72) OCHIAI, Makoto, JP
71) Nippon Steel Corporation, JP
71) GOTO, Naohisa, JP
51) Int.Cl.⁶ H01Q 21/24
54) **ANTENNE RESEAU PLAN**
54) **PLANAR ARRAY ANTENNA**



(57) Plusieurs fentes pour la transmission ou la réception d'ondes électromagnétiques à polarisation circulaire sont ménagées en des points prescrits sur plusieurs guides d'ondes disposés pour que leurs axes soient parallèles les uns aux autres ou dans une ligne plane. Deux guides d'ondes sont prévus pour l'alimentation ou deux circuits de distribution sont connectés aux deux extrémités des guides d'ondes. Les ondes électromagnétiques sont cheminées jusqu'aux deux guides d'ondes ou jusqu'aux deux circuits de distribution et des ondes électromagnétiques polarisées en rotation dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens inverse des aiguilles d'une montre sont transmises à partir de chacune desdites fentes. Un dispositif utilisant une telle antenne est également

(57) A plurality of slots for transmitting or receiving circularly polarized electromagnetic waves are provided at prescribed places in a plurality of waveguides so arranged that their axes are parallel with each other or in a planar line. Two waveguides for feeding or two distribution circuits are connected to both ends of the waveguides. Electromagnetic waves are fed to the two waveguides or two distribution circuits, and counterclockwise- and clockwise-rotating polarized electromagnetic waves are transmitted from each slot. A device using such an antenna is also disclosed.

DESCRIPTION

PLANAR ARRAY ANTENNA

TECHNICAL FIELD

The present invention relates to a planar array antenna and an apparatus including the same, and in particular, to a planar array antenna and an
5 apparatus including the same suitable for receiving waves of satellite broadcasting, the waves including a counterclockwise circularly polarized wave and a clockwise circularly polarized wave.

BACKGROUND ART

10 The conventional planar array antennas include, for example, a waveguide planar array antenna including a plurality of linear waveguides each having a plurality of slots arranged in parallel to an axial direction thereof, the slots radiating circularly
15 polarized waves in the axial direction. Supplied to these waveguides are transmission waves via a power supplying or feeding circuit. This operation will be referred to as "power feeding" herebelow. According to an article "Design of a Crossed Slot Array Antenna on a
20 Leaky Waveguide", Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE) of Japan, AP92-37 (to be referred to as Article 1 herebelow), there has been disclosed an array antenna

including cross-slots to radiate circularly polarized waves therefrom and a feeding waveguide as a power distributing circuit. Fig. 14 shows a top view of the array antenna. In this diagram, the feeding waveguide 1 includes a feed opening 2 and branch openings 3. A plurality of radiating waveguides 11 are arranged in parallel to each other in a direction vertical to the feeding waveguide 1 to be connected via the branch openings 3 to the feeding waveguide 1. In each of the radiating waveguide 11, there are disposed a plurality of cross-slots 12 for radiating circularly polarized waves. The wave or power supplied from the feed opening 2 is delivered via the feeding waveguide 1 to be distributed in an in-phase state through the branch openings 3 to the radiating waveguides 11 so as to be radiated as circularly polarized waves via the cross-slots 12. The rotary direction of circularly polarized waves is decided as follows. When the slots 12 are on the right-hand side with respect to the direction in which the waves are transmitted from the radiating waveguide 11, the waves are counterclockwise circularly polarized. When the slots are on the left-hand side, clockwise circularly polarized waves are radiated. Namely, in the example, of Fig. 14, the radiated waves are counterclockwise circularly polarized. Description has been given of the transmission of waves from the antenna above. It is apparent according to the reciprocity theorem that the antenna can be used also to receive

waves.

The antenna shown in Fig. 14 can receive only either one of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves. However, both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves are utilized in the satellite broadcasting service in the U.S.A. and so on. That is, the antenna receiving only the counterclockwise or clockwise circularly polarized wave cannot cope with this situation.

To meet such a requirement, an antenna capable of radiating or receiving both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves has been disclosed in an article "A Slot Design of Dual Circular Polarized Radial Line Slot Antennas", 1993 Spring Conference of IEICE of Japan, B-49 (to be referred to as Article 2 herebelow). According to the antenna, through a radial waveguide as a radiating waveguide, there are transmitted inward and outward oriented cylindrical waves to thereby radiate the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves. However, the antenna efficiency described in Article 2 is at most about 70% even when the slots are optimally designed. Namely, the antenna efficiency is insufficient for practices.

DISCLOSURE OF THE INVENTION

It is therefore an object of the present invention to provide an antenna and an apparatus

including the same in which both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves can be radiated or received with a high efficiency.

To achieve the object above, a planar array antenna according to a first aspect of the present invention includes a plurality of first waveguides arranged with axes thereof mutually in parallel to each other, each of the first waveguides having a plurality of slots at predetermined positions to radiate or to receive circularly polarized waves. The antenna further includes two second waveguides having axes of waveguide vertical to a direction of axes of the first waveguides, and respectively connected via junction openings to both ends of the first waveguides, the second waveguides having feed openings respectively. Counterclockwise and clockwise circularly polarized waves are radiated or received through each of the slots of the first waveguides via the feed openings respectively of the second waveguides.

In the planar array antenna according to the first aspect of the present invention described above, when the slots to radiate or to receive circularly polarized waves are arranged with a predetermined offset respectively relative to the axes of the first waveguides, both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves can be radiated through each slot by feeding waves via the second waveguides respectively to both ends of the first waveguides.

Conversely, it is possible to receive via each slot both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves.

Furthermore, a planar array antenna according to a second aspect of the present invention includes a plurality of planar lines arranged mutually in parallel to each other, a conductive plate disposed with a predetermined interval with respect to the plural planar lines, the plate having a plurality of slots for the plural planar lines to radiate or receive therethrough circularly polarized waves and two power distributing circuits respectively connected to both ends of the planar lines. Counterclockwise and clockwise circularly polarized waves are radiated from or received through each of the slots of the first waveguides via the power distributing circuits.

In the planar array antenna according to the second aspect of the present invention described above, the similar operation can be achieved without using the waveguides. Namely, there are employed planar lines such as strip lines and micro-strip lines and slots disposed in a conductive case which covers the planar lines.

Unlike the antenna disclosed in Article 2, the planar array antenna according to the present invention has a high efficiency of 80% or more by optimizing the electric coupling between the waveguides or planar lines and the slots.

In addition, there is provided according to the present invention an antenna apparatus including a planar array antenna for receiving waves of satellite broadcasting. The apparatus includes a plurality of
5 first waveguides arranged with axes thereof mutually in parallel to each other, each of the first waveguides having a plurality of slots at predetermined positions to receive a first circularly polarized wave and a second circularly polarized wave; a second waveguide,
10 including a plurality of guide sections for combining the first circularly polarized waves received by the first waveguides with each other, for transmitting the first circularly polarized wave thus combined; a third waveguide, including a plurality of guide sections for
15 combining the second circularly polarized waves received by the first waveguides with each other, for transmitting the second circularly polarized wave thus combined; and converter means for converting into an intermediate frequency (IF) signal at least one of the
20 first and second circularly polarized waves thus combined and transmitted through the second and third waveguides.

In the antenna apparatus according to the present invention described above, either one of the
25 counterclockwise and clockwise circularly polarized waves received by the planar array antenna can be selected to be supplied to a tuner.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Fig. 1 is a perspective view of a planar array antenna in a first embodiment according to the present invention;

5 Fig. 2 is a plan view of the planar array antenna in the first embodiment according to the present invention;

 Fig. 3 is a plan view of a planar array antenna in a second embodiment according to the present
10 invention;

 Fig. 4 is a graph showing a relationship between the penetrating energy and antenna efficiency of the planar array antenna according to the present invention;

15 Fig. 5A is a plan view of a planar array antenna in a third embodiment according to the present invention;

 Fig. 5B is a cross-sectional view of the planar array antenna in the third embodiment according
20 to the present invention;

 Fig. 6 is a schematic diagram of an antenna apparatus in a fourth embodiment according to the present invention;

 Fig. 7 is a schematic diagram of an antenna
25 apparatus in a fifth embodiment according to the present invention;

 Fig. 8 is a schematic diagram of an antenna apparatus in a sixth embodiment according to the present

invention;

Fig. 9 is a schematic diagram of an antenna apparatus in a seventh embodiment according to the present invention;

5 Fig. 10 is a schematic diagram of an antenna apparatus in an eighth embodiment according to the present invention;

10 Fig. 11A is a plan view showing the overall configuration of the antenna apparatus according to the present invention;

Fig. 11B is a side view showing the overall structure of the antenna apparatus according to the present invention;

15 Fig. 12A is a plan view of an antenna apparatus in a ninth embodiment according to the present invention;

Fig. 12B is a cross-sectional view of the antenna apparatus in the ninth embodiment according to the present invention;

20 Figs. 13A and 13B are plan views of an antenna apparatus in a tenth embodiment according to the present invention; and

25 Fig. 14 is a plan view of a conventional planar array antenna for clockwise or counterclockwise circularly polarized waves.

BEST MODES OF CARRYING OUT THE INVENTION

Next, description will be given of an

embodiment of the present invention by referring to the drawings. Incidentally, for convenience of explanation, description will be given of the wave radiating operation of the antenna. However, according to the reciprocity theorem, it is to be understood that the antenna is also applicable to the wave receiving operation.

Fig. 1 is a perspective view showing a first embodiment of a planar array antenna according to the present invention and Fig. 2 is a plan view of the antenna of Fig. 1. A feeding waveguide 1A includes a feed opening 2A and branch openings 3A as guide means, whereas a feeding waveguide 1B includes a feed opening 2B and branch openings 3B as guide means.

Respectively disposed in the neighborhood of the feed openings 2A and 2B are connecting or connector terminals 4A and 4B to establish connections via cables to external circuits. Each of the terminals 4A and 4B includes a connector portion for the connection of the cable and a feed pin portion for the feeding of power to the antenna. In the connector portion, a cold side thereof is linked with a housing of the planar array antenna and a hot side thereof is coupled with the feed pin portion. Therefore, in a state in which the cable is connected to the connector, a cold side of the cable is linked with the housing of the antenna and a hot side thereof is coupled with the feed pin portion.

A plurality of radiating waveguides 11 arranged in parallel with each other are connected

vertically to the feeding waveguides 1A and 1B via the branch openings 3A and 3B, respectively. In each of the radiating waveguides 11, there are disposed a plurality of cross-slots 12 to radiate circularly polarized waves.

- 5 Waves fed from the feed opening 2A are propagated through the feeding waveguide 1A and are distributed in an equi-phase state via the branch openings 3A to the plural radiating waveguides 11 to be radiated as clockwise circularly polarized waves from the cross-slots 12.
- 10 On the other hand, waves supplied from the feed opening 2B are passed through the feeding waveguide 1B to be distributed in an in-phase state via the branch openings 3B to the plural radiating waveguides 11 so as to be radiated as counterclockwise circularly polarized waves
- 15 from the cross-slots 12.

When the wave feeding operation is conducted respectively at both ends of the radiating waveguides 11 as described in relation to this embodiment, if there is employed a broad side array antenna in which the slots

20 are disposed with an interval of guide wavelength λ_g of the waveguide to radiate waves in front of the antenna, the antenna efficiency is remarkably lowered. This is because the guide wavelength λ_g is larger than the free space wavelength λ_0 . That is, when the slot interval is

25 greater than the free space wavelength λ_0 , there occurs a phenomenon called "grating lobe" in which a side lobe equal in the level to the main beam in the front direction appears according to a fixed pattern in a wide

angle.

To acquire a practical efficiency, it is necessary to configure a leaky wave array antenna in which the slots are tightly arranged with a small interval therebetween. In the antenna, the waves are radiated in a direction other than the front direction thereof. Namely, the radiating direction is tilted considerably toward the direction of axis of the feed waveguide. In consequence, the beam directions respectively of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves are tilted in the mutually opposing directions and hence it is impossible, when the antenna is fixed, to receive both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves. However, as described in Article 1, in a case in which the antenna attached, for example, on the roof of a car is rotated in a particular plane to follow a broadcasting satellite, the antenna is practical for the following reasons. Namely, since the elevation angles of these beams are the same to each other, when a change-over is required between the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves, it is only necessary to rotate the antenna 180° in the particular plane.

Fig. 3 is a plan view showing a second embodiment of the planar array antenna according to the present invention. This embodiment differs from the first embodiment in that the positions of slots are shifted between the adjacent waveguides 11 such that the

phases respectively of the waves supplied thereto are opposite to each other. As described in an article "A Waveguide Fed Printed Antenna", Transactions of IEICE of Japan, AP89-3, an advantage derived from the case in which the waves fed to the adjacent radiating waveguides are opposing in phase to each other resides in that the radiating waveguides can be constructed by attaching a groove-shaped structure onto a flat plate having slots therein and it is not necessarily required that the structure and the plate are completely tightly fixed to each other.

In a case in which the phases of the waves fed to the adjacent waveguides 11 are opposite to each other as shown in Fig. 3, when the leaky wave array antenna is employed, which leads to a reverse effect when compared with the case of Fig. 2, the waves emitted from the adjacent radiating waveguides have the mutually opposing phases and hence weaken each other. Namely, the radiation beams are not formed and the operation fails. To overcome this difficulty, there will be considered the configuration of a broad side array antenna. For this purpose, radiating cross-slots 12 are arranged along the direction of axis of waveguides 11 with an interval of guide wavelength λ_g such that between the adjacent waveguides 11, the position of each slot 12 is shifted $\lambda_g/2$ in the direction of axis. Under this condition, when the waveguides 11 are filled with a dielectric substance the relative dielectric constant ϵ_r ,

of which is more than one, there is attained an advantage that the grating robe does not occur even if the broad side array antenna is employed, which differs from the case of Fig. 2. The reason therefor will be described. The grating robe occurs when the maximum interval between the adjacent slot strings is greater than the free space wavelength λ_0 . In the antenna of Fig. 3, distance "h" indicates the maximum interval. Ignore the thickness of the wall of waveguide 11 and assume the width to be expressed as "a". Then, distance "h" is represented by the following expression:

$$\lambda_g : h = \sqrt{a^2 + \left(\frac{\lambda_g}{2}\right)^2} : a \quad \dots\dots (1)$$

On the other hand, it is well known that guide wavelength λ_g of waveguide 11 is denoted as follows when waves are transmitted in a basic mode, TE₁₀ mode.

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}} \quad \dots\dots (2)$$

where, λ , is a wavelength in the dielectric and is represented as follows:

$$\lambda_r = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots (3)$$

Simplifying expressions (1) and (2), distance "h" is finally equal to λ_r . Therefore, when relative inductivity ϵ_r is slightly larger than one, $h < \lambda_0$ holds and hence the grating robe does not take place. Additionally, when the change in relative inductivity with respect to temperature and the like are taken into consideration, the value of relative inductivity is desirably at least about 1.1.

Since the planar array antenna of the embodiment is a broad side array antenna, the same radiating direction can be set for the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves. In consequence, when the reception signal is desired to be switched between the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves, it is unnecessary to turn the antenna.

Subsequently, description will be given of a high efficiency in practices of the planar array antenna according to the first or second embodiment.

In general, the efficiency of the planar array antenna takes the maximum value when the radio wave

radiated from each radiation slot has the same amplitude. This condition is satisfied in the array antenna for the counterclockwise or clockwise circularly polarized waves by adjusting the length and positions of the slots along the axis of waveguides. Theoretically, the efficiency therefore becomes 100%.

In contrast therewith, according to the planar array antenna of the present invention, waves are fed from both sides of the radiating waveguides 11. When the antenna is designed such that the slot radiation becomes uniform for the waves fed from a first side of the waveguides 11, the slot radiation for the waves supplied from a second side opposing to the first side develops a distribution with a large gradient and hence the efficiency is remarkably lowered. In a simplest model in which there are arranged slots each having the same contour, waves are radiated from each slot with a fixed ratio and the remained energy penetrates through the waveguides 11 to be absorbed by the feeding waveguide on the opposite side which is not in the feeding operation.

Fig. 4 is a graph showing the calculated results of antenna efficiency obtained by changing the ratio of the penetrating energy. When the penetrating energy, i.e., the loss is about 8%, the antenna efficiency takes the maximum value of about 81%. The efficiency is higher than that of the radial line slot antenna described in Article 2 or the parabola antenna used in

practices today and hence this value is fully satisfactory for practical uses. The reason why the planar array antenna of the present invention has a higher efficiency when compared with the antenna described in Article 2 is as follows.

In the radial line slot antenna, the behavior of waves including an inward oriented cylindrical wave and an outward oriented cylindrical wave transmitted through the radiating radial waveguides is utilized to achieve the radiation of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves. In consequence, there is missing a condition under which the efficiency is increased for both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves. In comparison therewith, the antenna according to the present invention includes radiating waveguides having a uniform cross section like square waveguides. Consequently, the waves propagated through the waveguide in either directions conduct substantially the same behavior. Accordingly, when the slots are symmetrically arranged with respect to an intermediate point of the radiating waveguide, the condition of maximum efficiency for the counterclockwise circularly polarized waves becomes almost equal to that of maximum efficiency for the clockwise circularly polarized waves, which results in a high efficiency.

Next, description will be given of a third embodiment of the planar array antenna according to the

present invention. Although the array antenna includes waveguides in the embodiments described above, the present invention is not restricted by the embodiments. Namely, in place of the waveguides, there may be adopted

5 micro-strip lines, strip lines, co-planar lines, slot lines, parallel flat plate lines, flat plane lines such as dielectric surface wave lines. Figs. 5A and 5B show the third embodiment of the planar array antenna employing strip lines. Fig. 5A shows a plan view of the

10 antenna and Fig. 5B is a cross-sectional view thereof taken along a line A-A of Fig. 5A. In a space enclosed with a conductive plate 33 and a conductive case 34, there are arranged two dielectric substrates 35 and 36 between which strip lines are configured. This configuration

15 includes three conductors with two dielectric bodies therebetween and hence is called "tri-plate structure". The strip lines include a plurality of radiating lines 31 formed parallel to each other and distributing circuits 21A and 21B to supply signals to

20 these lines 31 from both sides thereof. In addition, there are provided connector terminals 24A and 24B to respectively connect the circuits 21A and 21B to external circuits. In the conductor plate 33 opposing the radiating lines 31, there are disposed a plurality

25 of circularly polarized wave radiating slots 32, each slot 32 including a pair of linear slots which are not parallel to each other.

The signal applied to the terminal 24A is

passed through the distributing circuit 21A to be fed in an in-phase state to the plural radiating lines 31 so as to be radiated as counterclockwise circularly polarized waves from the slots 32. On the other hand, the signal
5 fed to the terminal 24B is emitted as clockwise circularly polarized waves from the pertinent slots 32.

In the first to third embodiments above, cross-slots and non-parallel slots are described as examples of the circularly polarized wave radiating
10 slots. However, it is to be appreciated that the present invention is applicable to slots having other contours. Additionally, the shapes of the feeding waveguide and the distributing circuit are not restricted by the embodiments. Namely, it is only necessary for the
15 feeding waveguide and the distributing circuit to supply signals to the radiating waveguides or lines in a parallel fashion. Moreover, when planar lines are employed, a planar array antenna capable of radiating the counterclockwise and clockwise circularly polarized
20 waves can be implemented using strip dipoles which electromagnetically has a complementary relationship with respect to the slots.

Next, description will be given of an antenna apparatus using such a planar array antenna as those
25 described in the embodiments above. Figs. 11A and 11B respectively are a plan view and a side view showing the overall configuration of the apparatus. However, for easy understanding of the inner configuration, a radome

as the cover is missing in Fig. 11A and the radome is cut at the central portion thereof in Fig. 11B. As means for rotating the antenna, there are provided a rotating unit 71 in a lower portion of the planar array antenna 41, a belt 72, a decelerator 73, a motor 74 and a motor drive circuit in a fixed-side circuit unit 75. Furthermore, reference numeral 76 denotes a rotary-side circuit unit. The elevation angle of the antenna 41 is adjusted by an EL driver unit 77 and an EL motor 78.

Additionally, the rotating unit 71 includes slip rings arranged to transmit power and control signals to a rotary-side circuit unit 76, the EL motor 78, and converters 42A and 42B. These components are mounted on the base plate 79 and are covered with a radome 80.

Fig. 6 is a schematic diagram showing a fourth embodiment of the antenna apparatus according to the present invention. This apparatus includes a planar array antenna 41 which is similar to the antenna shown in the first embodiment and which is rotatably attached, for example, on a roof of an automobile; converters 42A and 42B connected respectively via connector terminals 4A and 4B to the antenna 41, capacitors 43A and 43B respectively connected to the converters 42A and 42B to suppress direct-current (DC) components, a rotary coupler 44 electrically equivalent to a capacitor, and a tuner 45. In addition, a DC power source 49 is connected to the converters 42A and 42B via switch circuits 48A and 48B either one of which is turned on by the

control circuit 46, interference preventing resistors 47A and 47B, and/or slip rings arranged in the rotary unit 71 as shown in Fig. 11B. When the DC voltage is applied to the signal output line, the converters 42A and 42B down convert an RF (radio frequency) signal of satellite broadcasting from the antenna 41 into an IF (intermediate frequency) signal. According to supplied information representing desired one of polarized waves, the control circuit 46 turns either one of the switch circuits 48A and 48B on, the switch circuit being on the side of the desired one of the circularly polarized waves. In consequence, according to the present embodiment, since only the intermediate frequency signal output from either one of the converters 42A and 42B to which the DC voltage is applied is input to the tuner 45, it is possible to select the desired one of the polarized waves. In this connection, the number of capacitors may be reduced by configuring the capacitors 43A and 43B with rotary couplers in place of the rotary coupler 44.

Furthermore, when the switch circuits are disposed in the signal lines, not in the power source lines, as shown in the fifth embodiment as shown in Fig. 7, the desired one of the polarized waves can be selected. In Fig. 7, two intermediate frequency signals output from the converters 42A and 42B are respectively fed via the DC suppressing capacitors 51A and 51B such that either one thereof is selected by the switch 52 to

be input to the tuner 45. On the other hand, the DC voltage is supplied to the converters 42A and 42B. Incidentally, rotary couplers are not shown in this embodiment because rotary couplers may be used as the DC suppressing capacitors 51A and 51B. Alternatively, a
5 rotary coupler may be arranged between the switch 52 and the tuner 45.

In the antenna apparatus as shown in Figs. 6 and 7, although the signal line of the converters 42A or
10 42B also serves as the power line, there may also be utilized converters of which these lines are separately provided.

In the sixth embodiment as shown in Fig. 8, intermediate frequency signals output from two
15 converters 42A and 42B are linked with a rotary coupler 53 to be supplied therethrough to a tuner 45. Only the intermediate frequency signal output from either one of the converters 42A and 42B to which the DC voltage is applied is actually input to the tuner. Resultantly,
20 there can be selected the desired one of the circularly polarized waves.

In addition, according to the seventh embodiment as shown in Fig. 9, intermediate frequency signals sent from two converters 42A and 42B are acquired
25 respectively via DC suppressing capacitors 51A and 51B such that either one thereof is selected by a switch circuit 52 to be delivered to a tuner 45. On the other hand, the DC voltage is applied to the converters 42A

and 42B. In this regard, rotary couplers are not shown in this embodiment, because rotary couplers may be used as the DC suppressing capacitors 51A and 51B. Or, rotary couplers may be provided between the switch 52 and the tuner 45. With this provision, it is possible to desirably select either one of the circularly polarized wave.

In the antenna facilities as shown in Figs. 6 to 9, although the counterclockwise or clockwise circularly polarized wave is selected through an electric switching operation, the wave selection may also be conducted by altering the antenna direction.

The eighth embodiment of the present invention as shown in Fig. 10 includes antenna rotating means 63 to turn the planar array antenna 41 attached onto a roof of a car or the like. The means 63 includes a rotary unit 71, a belt 72, a decelerator 73, a motor 74, and a motor drive circuit in a fixed-side circuit unit 75 as shown in Fig. 11B.

Referring to Fig. 10, two intermediate frequency signals produced from converters 42A and 42B applied with the DC voltage are added to each other by adder means 61 to be fed via a rotating coupler 53 to a tuner 45. In this connection, the adder means 61 may be implemented, if the circuit configuration thereof is acceptable, by simply linking the outputs from the converters 42A and 42B with each other. On receiving polarized wave information denoting desired one of the

circularly polarized waves and polarized wave information indicating a reception channel from the tuner 45, a control circuit 62 in the fixed-side circuit unit 75 decides whether or not these information items match
5 with each other. If mismatching results, the controller 62 outputs a control signal to the antenna rotating means 63. In response to the signal, the means 63 turns the antenna 41 about 180° to thereby select the desired one of the polarized waves.

10 Referring now to Figs. 12A and 12B, description will be given of the antenna apparatus in the ninth embodiment according to the present invention. Fig. 12A is a plan view of the apparatus in which an upper surface unit (81 in Fig. 12B) having a plurality of slots
15 is missing. Fig. 12B is a cross-sectional view of the antenna facility taken along line B-B of Fig. 12A. In this embodiment, a transmission unit 83 is arranged in a lower portion of an antenna body 82 so that the antenna can be operated only with one converter 85. In other
20 words, the feed opening of the feeding waveguide as shown in the first embodiment is provided on the lower side, and the transmission unit 83 serving as a waveguide is integrally fabricated therewith or is connected thereto. As a result, the feed openings on both sides
25 of the antenna are linked with each other. Consequently, for the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves, the energy thereof can be radiated or received via a connector terminal 84 with the single

converter 85.

Subsequently, description will be given of the planar array antenna in the tenth embodiment according to the present invention by referring to Figs. 13A and 13B. In these diagrams, i.e., plan views of the antenna, an upper portion having a plurality of slots is missing for easy understanding of the structure. In this embodiment, inductive posts 93A and 93B of Fig. 13A or inductive walls 94A and 94B of Fig. 13B are fabricated in the vicinity of branch openings 3A and 3B of a feeding waveguide to thereby minimize reflection of waves. The reflection minimizing effect of inductive posts or walls has been described in detail in article "An Analysis of a Waveguide π Junction with an Inductive Wall", 1994 Spring Conference of IEICE of Japan, B-54 and in article "Characteristics of Single-Layer π - and T-Junction with Inductive Wall", 1995 General Conference of IEICE of Japan, B-83. The inductive posts 93A and 93B can be attached after the antenna body 92 is completely fabricated. Additionally, when the inductive walls 94A and 94B as well as the antenna body 92 are manufactured at the same time, the post-process will be unnecessary.

In the embodiments above, the connector terminals 4A and 4B are disposed in the proximity respectively of the feed openings 2A and 2B such that waves are communicated via a cable between the antenna body and the converter. However, the present invention

is not restricted by the embodiments, namely, the wave communication may be carried out in the following configurations.

First, the feed openings are each constructed
5 in the form of a standard opening of waveguide, e.g., in conformity with the standard WR-75. In this structure, the input side of the converter is required to conform to the standard opening of waveguide. In short, the feed openings are used to pass waves therethrough.

10 Furthermore, only the feed pin sections of connector terminals 4A and 4B may be arranged in the feeding section of the converter in some cases. In this configuration, the cable is unnecessary. The feed openings function in the same way as for the construction including the connector terminals 4A and 4B of the
15 embodiments, namely, the opening is used to pass there-through the connector portions of the connector terminals.

In addition, although the connector terminals
20 4A and 4B or the connector terminal 84 are or is employed to couple the planar array antenna with the converter, the connection therebetween may be established without using the connector terminal(s) as described above.

25

INDUSTRIAL APPLICABILITY

As above, the planar array antenna according to the present invention is useful to transmit or to

receive both of the counterclockwise and clockwise circularly polarized waves with a high efficiency.

CLAIMS

1. (Amended) A planar array antenna, comprising:

5 a plurality of first waveguides arranged with axes thereof mutually in parallel to each other, each of the first waveguides having a plurality of slots at predetermined positions to radiate or to receive circularly polarized waves; and

10 two second waveguides having axes of waveguide vertical to a direction of axes of the first waveguides and respectively connected via junction openings to both ends of the first waveguides, the second waveguides being on a plane on which the first waveguides exist and having feed openings respectively;

15 wherein both counterclockwise and clockwise circularly polarized waves are radiated or received through each of the slots of the first waveguides via the feed openings of the second waveguides.

2. (Deleted).

20 3. (Amended) A planar array antenna connected to at least one converter, comprising:

25 a plurality of first waveguides arranged with axes thereof mutually in parallel to each other, each of the first waveguides having a plurality of slots at predetermined positions to receive both a first circularly polarized wave and a second circularly polarized wave;

a second waveguide, including a plurality of

guide sections for combining the first circularly polarized waves received by the first waveguides with each other, for transmitting the first circularly polarized wave thus combined to the at least one
 5 converter; and

a third waveguide, including a plurality of guide sections for combining the second circularly polarized waves received by the first waveguides with each other, for transmitting the second circularly
 10 polarized wave thus combined to the at least one converter;

wherein the second and third waveguides are on a plane on which the first waveguides exist.

4. (Deleted).

15 5. A planar array antenna according to Claim 3, wherein:

the antenna is connected to one converter disposed at a position apart from the first waveguides;

the second waveguide further includes first
 20 transmission means for transmitting the first circularly polarized wave thus combined to the converter; and

the third waveguide further includes second transmission means for transmitting the second circularly polarized wave thus combined to the converter.

25 6. A planar array antenna according to Claim 3, wherein:

the first circularly polarized wave is a counterclockwise circularly polarized wave; and

the second circularly polarized wave is a clockwise circularly polarized wave.

7. A planar array antenna according to Claim 3, wherein the plurality of slots are cross-slots.

5 8. A planar array antenna according to Claim 3, wherein the plurality of slots are arranged on one side of each of the first waveguides.

9. A planar array antenna according to Claim 3, wherein the plurality of slots have the same offset
10 relative to the waveguide axis.

10. A planar array antenna according to Claim 3, wherein the plurality of slots are arranged in the direction of waveguide axis with an interval therebetween, the interval being substantially equal to a
15 guide wavelength of the first and second circularly polarized waves.

~~polarized waves.~~

11. An antenna apparatus including a planar array antenna for receiving waves of satellite broadcasting, comprising:

5 a plurality of first waveguides arranged with axes thereof mutually in parallel to each other, each of the first waveguides having a plurality of slots at predetermined positions to receive a first circularly polarized wave and a second circularly polarized wave;

10 a second waveguide, including a plurality of guide sections for combining the first circularly polarized waves received by the first waveguides with each other, for transmitting the first circularly polarized wave thus combined;

15 a third waveguide including a plurality of guide sections for combining the second circularly polarized waves received by the first waveguides with each other, for transmitting the second circularly polarized wave thus combined; and

20 converter means for converting into an intermediate frequency (IF) signal at least one of the first and second circularly polarized waves thus combined and transmitted through the second and third waveguides.

25 12. An antenna apparatus according to Claim 11, further comprising control means for controlling the converter means such that the antenna receives only the first or second circularly polarized wave.

13. An antenna apparatus according to Claim 12,
wherein:

the converter means includes a first circuit
for converting into a first intermediate frequency
5 signal the first circularly polarized wave thus combined
and transmitted through the second waveguide and a
second circuit for converting into a second intermediate
frequency signal the second circularly polarized wave
thus combined and transmitted through the third wave-
10 guide; and

the control means includes means for supplying
power to selected one of the first and second circuits.

14. An antenna apparatus according to Claim 12,
wherein:

15 the converter means includes a first circuit
for converting into a first intermediate frequency
signal the first circularly polarized wave thus combined
and transmitted through the second waveguide and a
second circuit for converting into a second intermediate
20 frequency signal the second circularly polarized wave
thus combined and transmitted through the third
waveguide; and

the control means includes means for selecting
either one of the output signals respectively from the
25 first and second circuits.

15. An antenna apparatus according to Claim 11,
further comprising:

antenna rotating means for rotating at least

the first to third waveguides such that the first waveguides receive either one of the first and second circularly polarized waves; and

control means for deciding whether or not the
5 circularly polarized wave received by the first waveguides is a desired circularly polarized wave and controls the antenna rotating means, when the received wave is other than the desired wave, such that the first waveguides receive the desired circularly polarized
10 wave.

16. An antenna apparatus according to Claim 11, further comprising a housing to be mounted on a mobile body.

17. An antenna apparatus according to Claim 11,
15 wherein the guide section is an opening section.

18. A planar array antenna according to Claim 3, wherein the guide section is an opening section.

ABSTRACT

A planar array antenna and an apparatus using the same including a plurality of radiating waveguides arranged with axes thereof mutually in parallel to each other. Each of the first waveguides has a plurality of slots at predetermined positions to radiate or to receive circularly polarized waves. A feeding waveguide or a distributing circuit is connected to each end positions of radiating waveguides. Waves are fed to both feeding waveguides or distributing circuits such that a counterclockwise circularly polarized wave and a clockwise circularly polarized wave are radiated from each of the slots.

FIG. 1

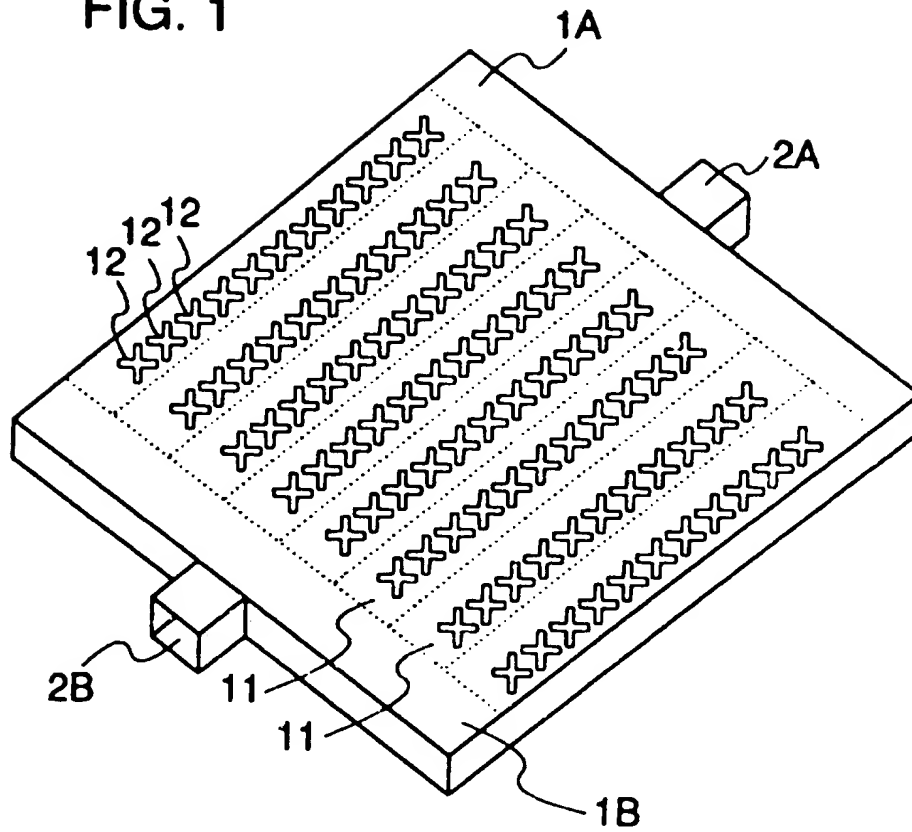


FIG. 2

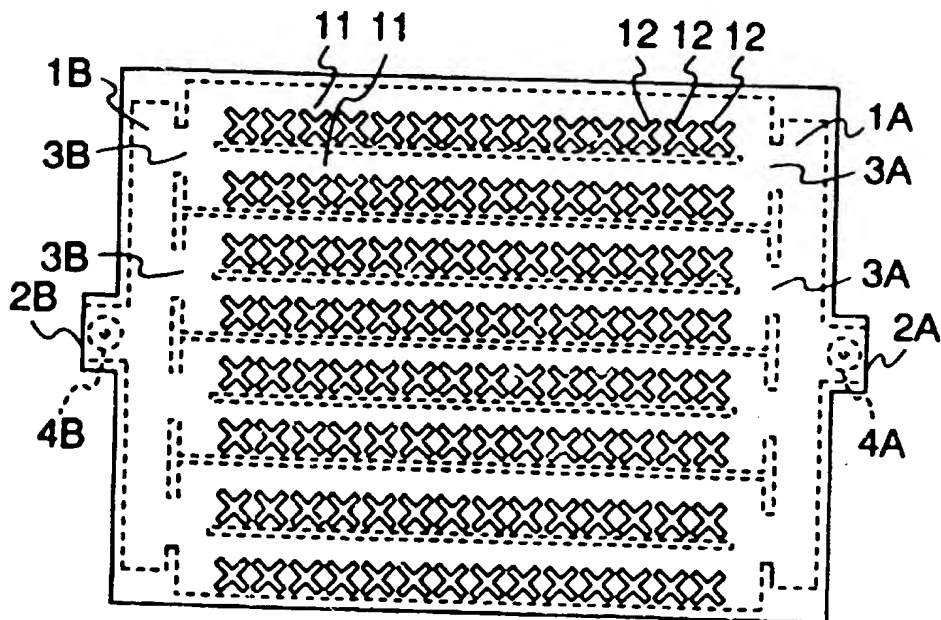


FIG. 3

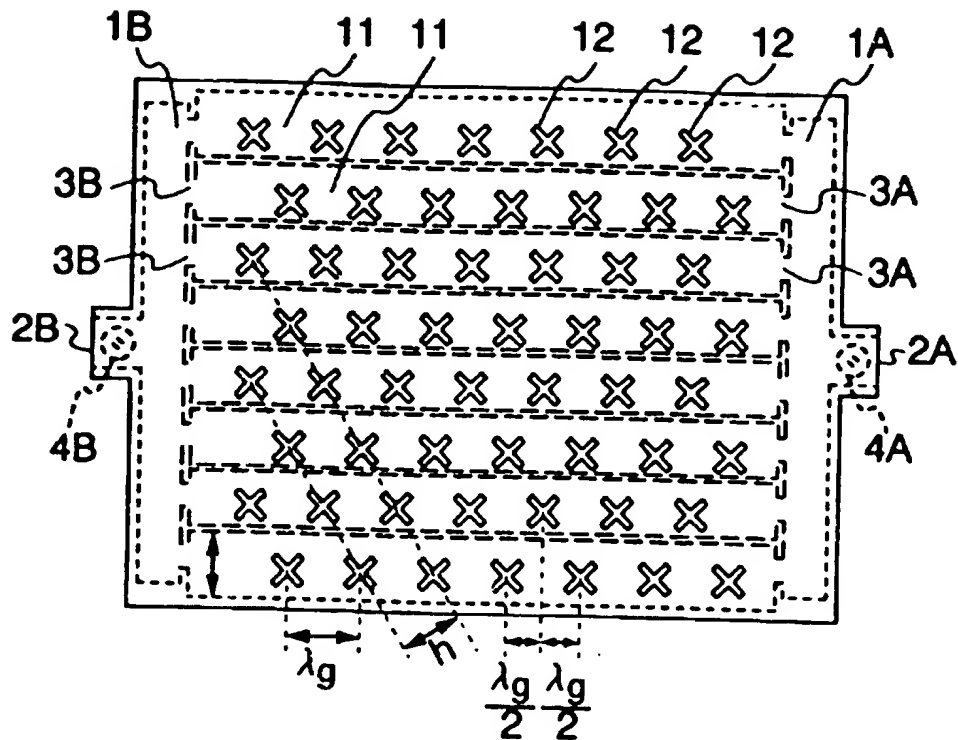


FIG. 4

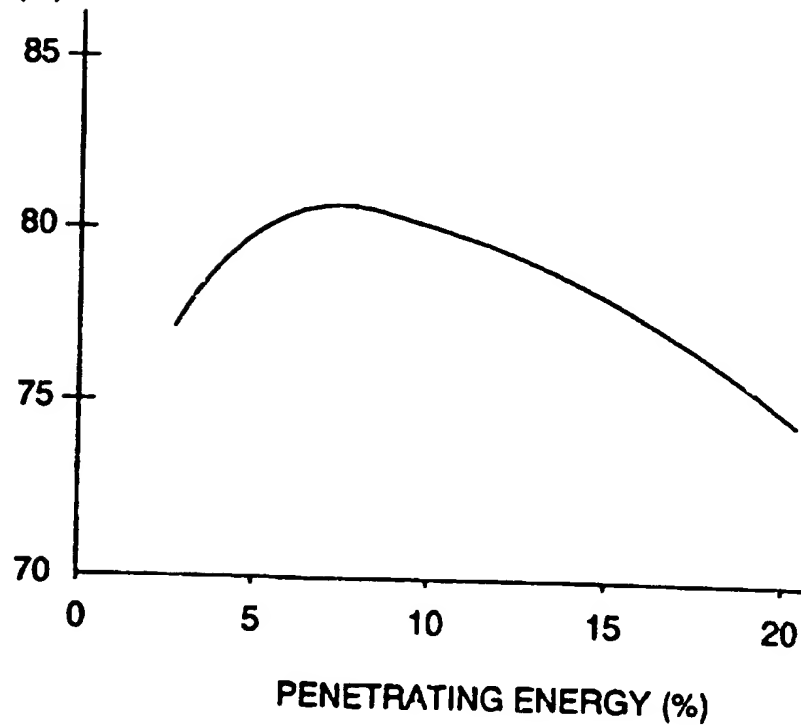
ANTENNA
EFFICIENCY (%)

FIG. 5A

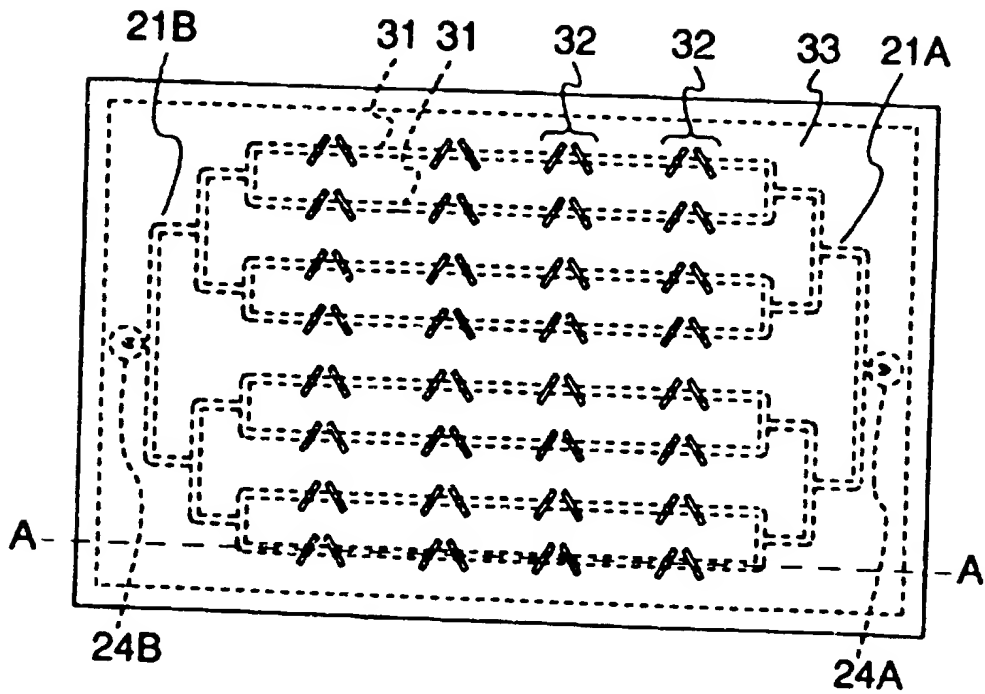


FIG. 5B

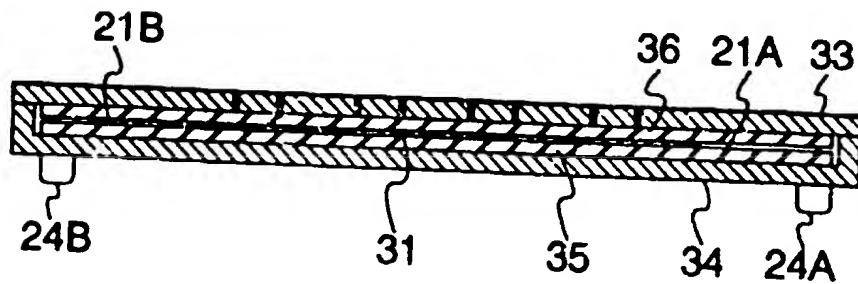


FIG. 6

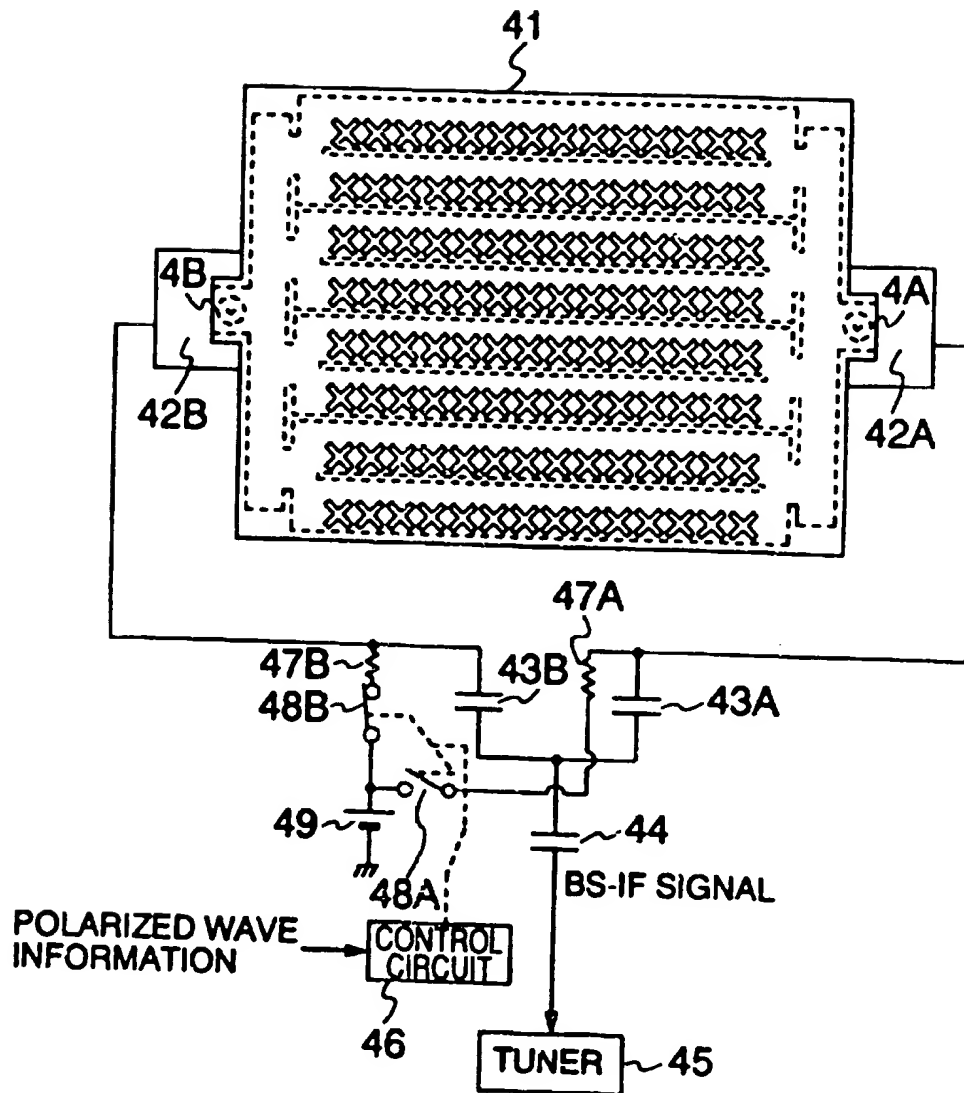


FIG. 7

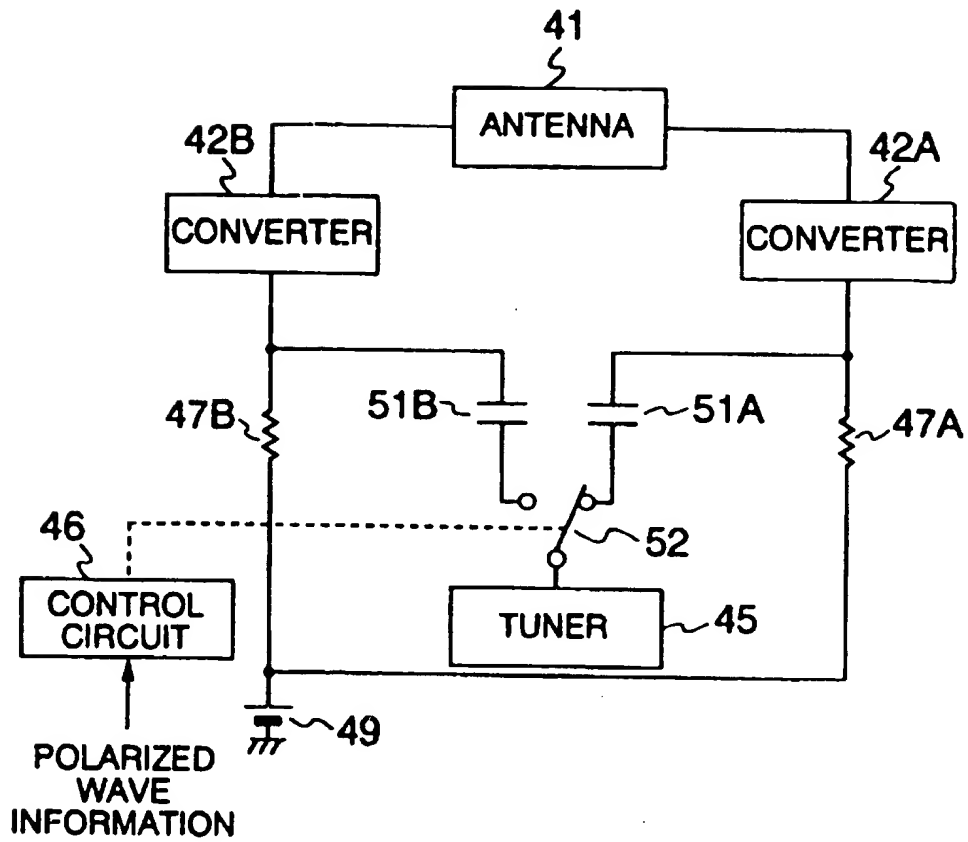


FIG. 8

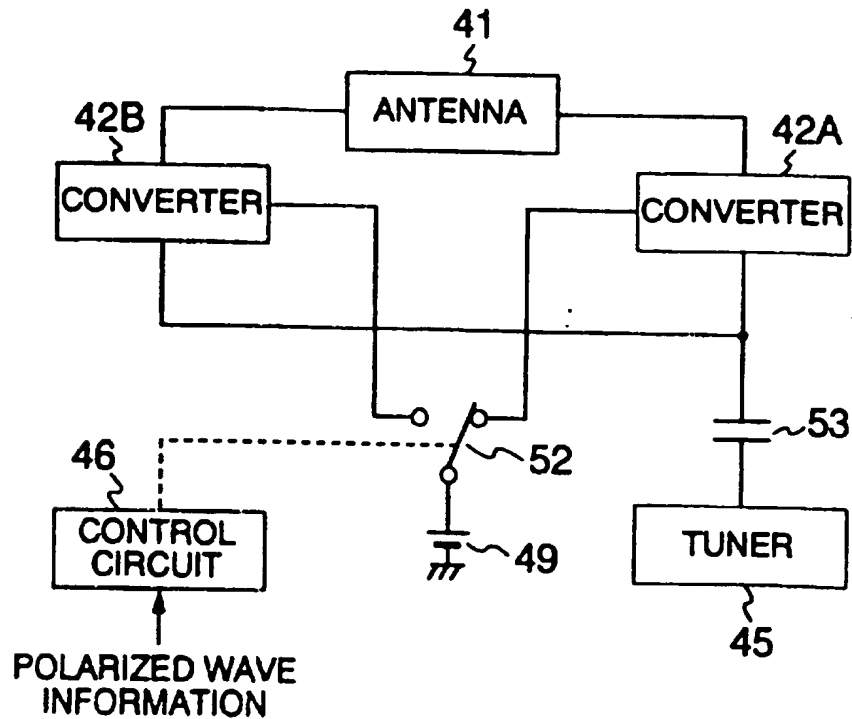


FIG. 9

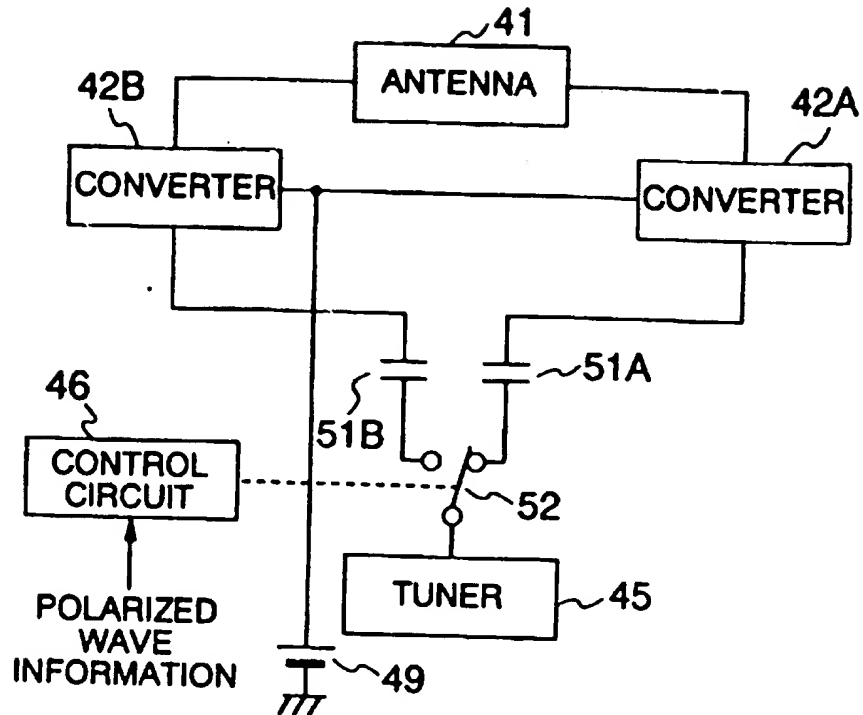


FIG. 10

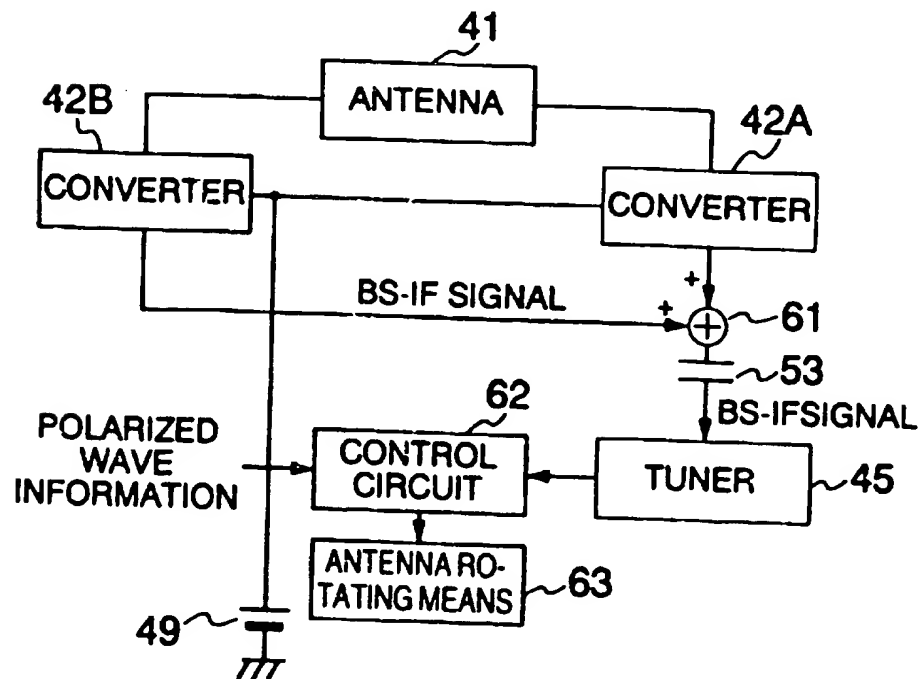


FIG. 11A

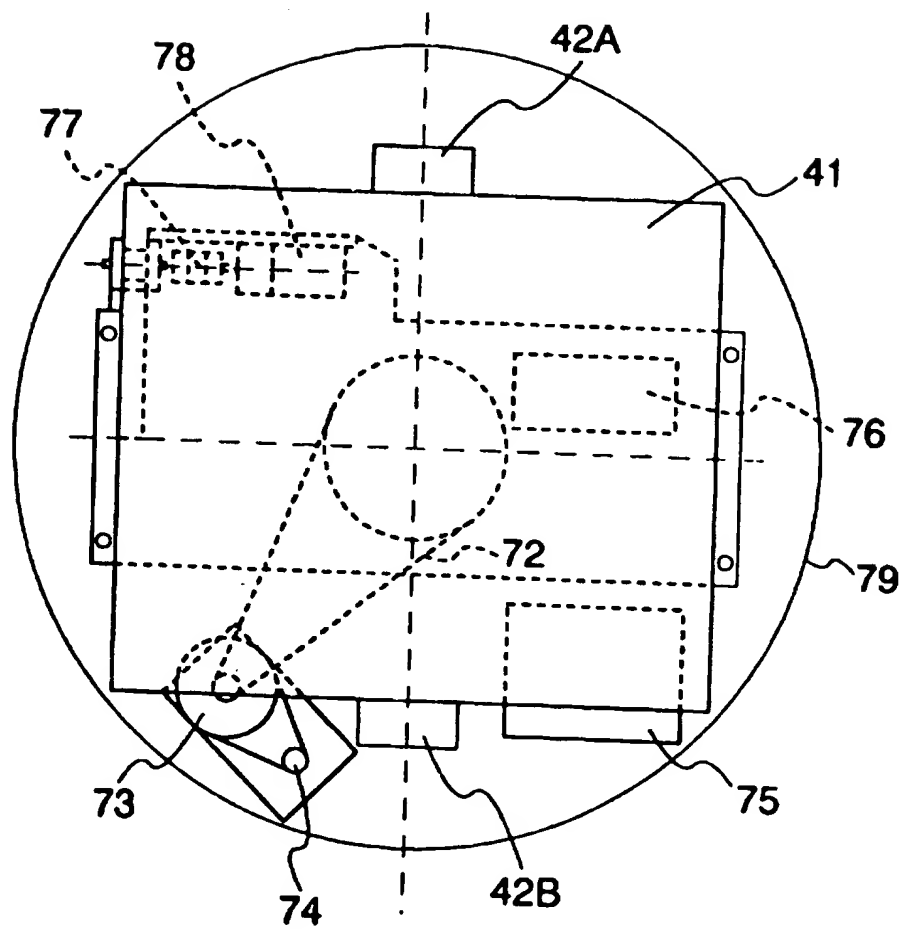


FIG. 11B

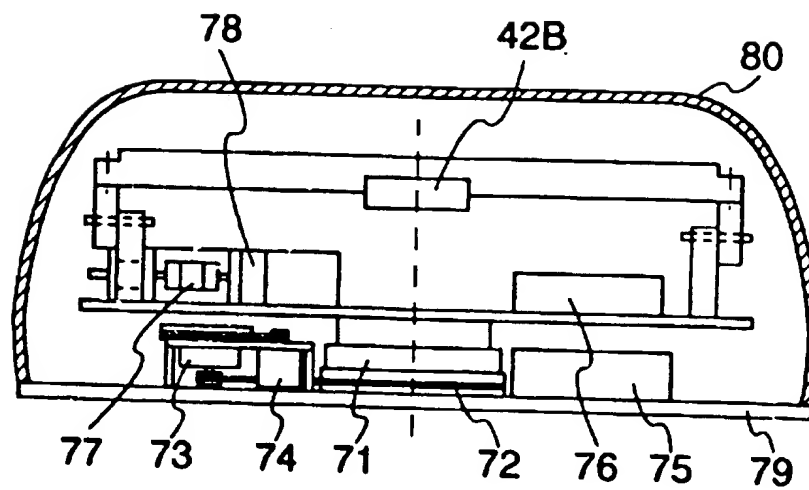


FIG. 12A

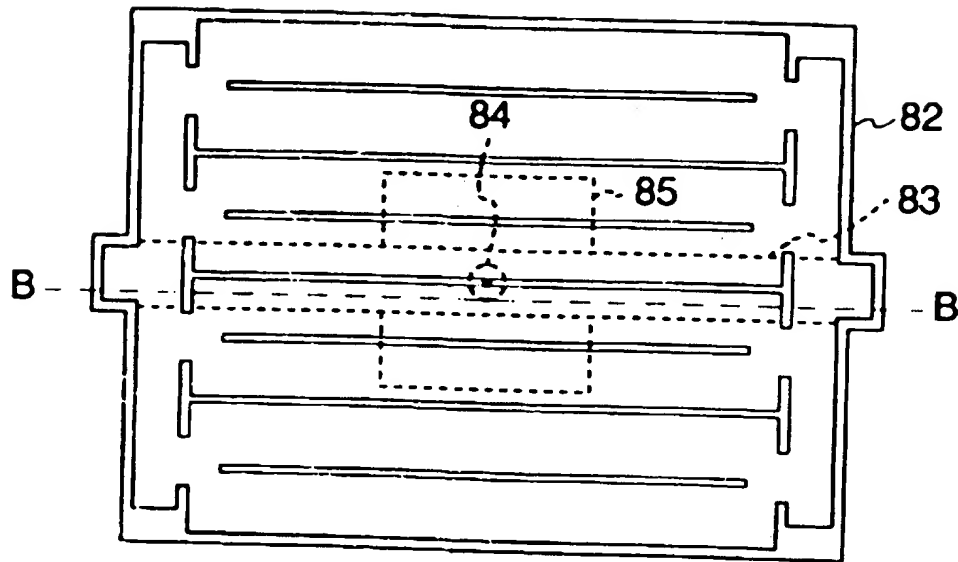


FIG. 12B

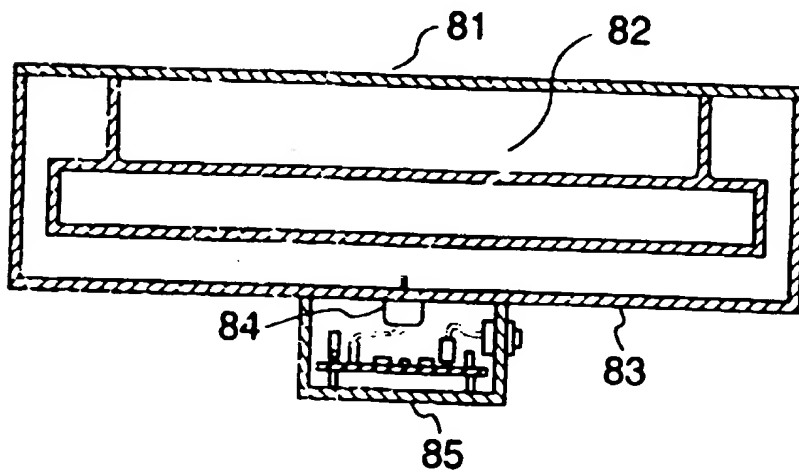


FIG. 13A

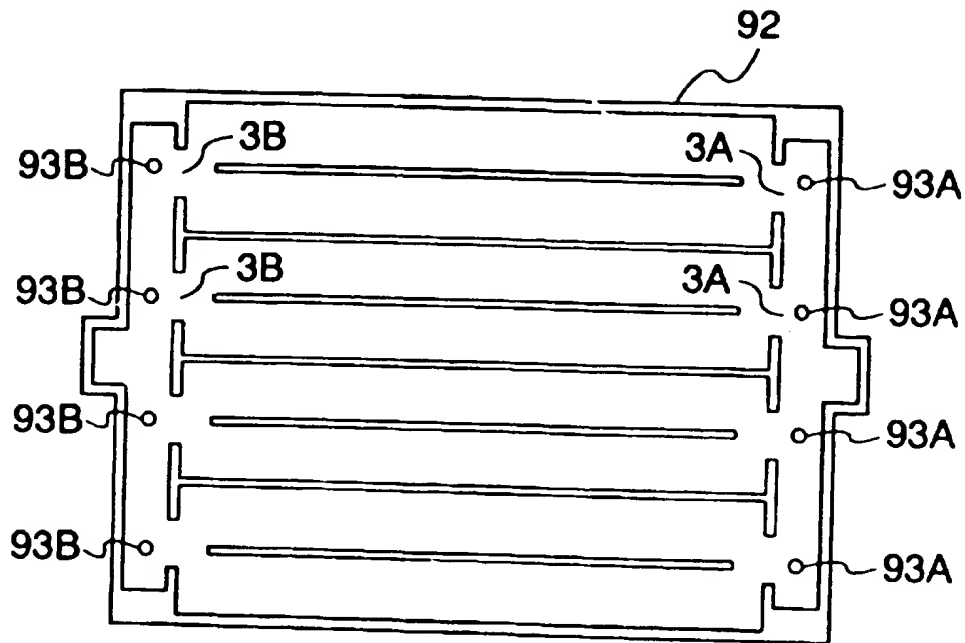


FIG. 13B

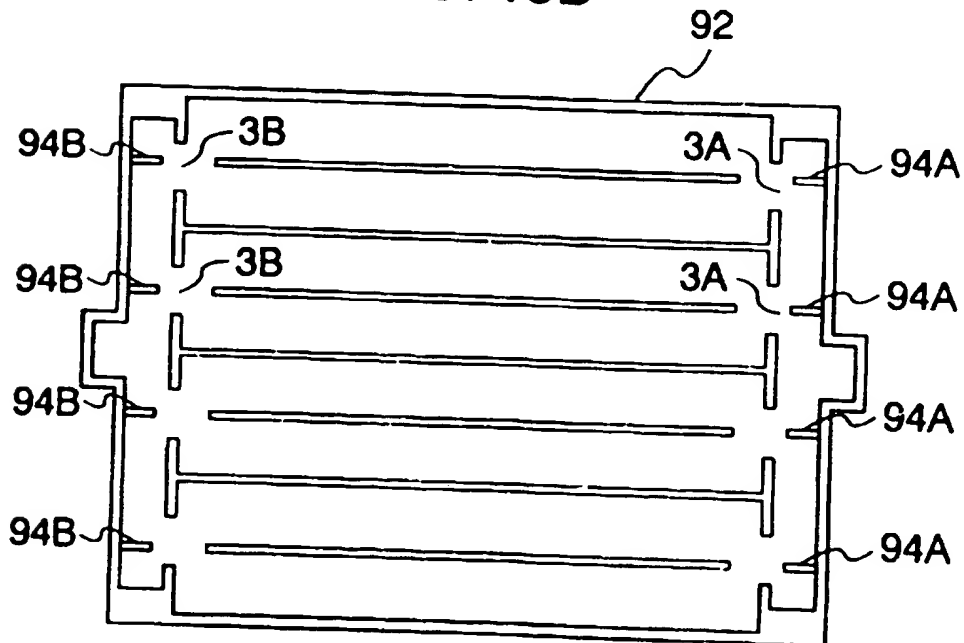
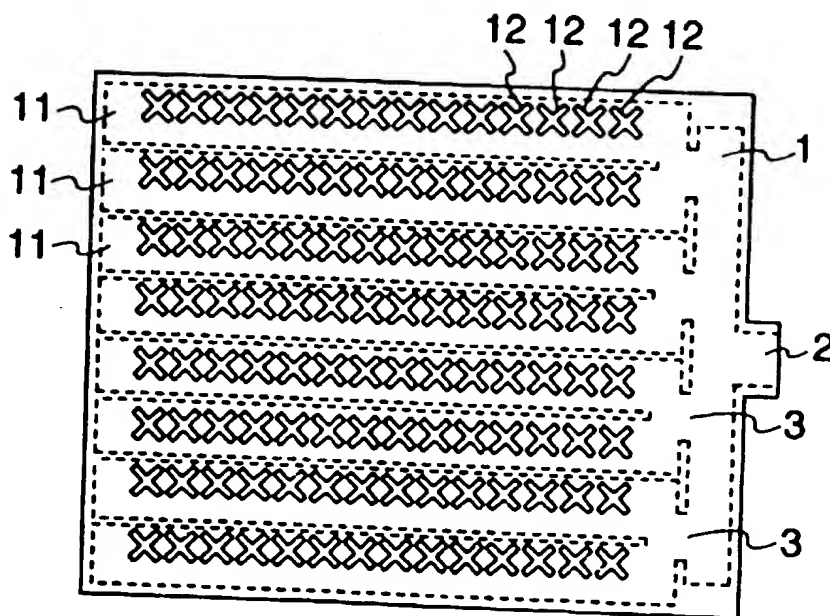


FIG. 14
PRIOR ART



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.